



Università degli Studi di Padova
Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria
Elettrotecnica

ELABORATO FINALE

Titolo:

*“Telecontrollo di piccoli impianti idroelettrici:
metodi e strumentazione innovativa.”*

Relatore: Prof. Roberto Caldon

Correlatore: Ing. Fabio Gasperin

Laureando: Luca De Col

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

INDICE

SOMMARIO	7
INTRODUZIONE	9
CAPITOLO 1	11
Piccoli impianti idroelettrici	11
1.1. Tipologie di piccoli impianti idroelettrici.....	11
1.1.1. Impianti ad acqua fluente.....	11
1.1.2. Impianti su acquedotto.....	11
1.2. Principali componenti idraulici di un micro impianto idroelettrico	12
1.3. Principali componenti elettrici di un micro impianto idroelettrico.....	13
1.4. Modalità di gestione degli impianti	14
1.4.1. Operazioni di avvio e arresto	14
1.4.2. Regolazione della potenza erogata	15
1.4.3. Verifica delle normali condizioni di funzionamento	15
1.4.4. Regolazione del fattore di potenza.....	16
1.4.5. Raccolta dati utili per il monitoraggio locale e remoto dell'impianto	17
CAPITOLO 2	19
Principali caratteristiche del telecontrollo	19
2.1. Impiego del telecontrollo	19
2.2. Struttura classica di un sistema di telecontrollo.....	19
2.3. Tipologie di informazioni gestite da un sistema di telecontrollo.....	20
2.4. Requisiti di un sistema di telecontrollo.....	23
2.4.1. Requisiti del sistema di controllo.....	23
2.4.2. Requisiti del sistema di comunicazione.....	24
2.5. Punti essenziali della progettazione di un sistema di telecontrollo	26
2.6. Importanza degli standard di comunicazione	27
2.6.1. Modello ISO/OSI.....	27
2.6.2. Modello TCP-IP.....	29
CAPITOLO 3	31
Telecontrollo con tecnologia radio VHF	31
3.1. Descrizione del metodo	31
3.2. Principali componenti hardware della tecnologia VHF.....	31
3.2.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto.....	31

3.2.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale.....	33
3.3. Caratteristiche software del telecontrollo.....	34
3.4. Modulazione digitale e controllo degli errori.....	35
CAPITOLO 4.....	37
Telecontrollo con tecnologia internet	37
4.1. Descrizione del metodo.....	37
4.2. Principali componenti hardware della tecnologia internet.....	38
4.2.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto	38
4.2.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale.....	39
4.3. Caratteristiche software del telecontrollo.....	43
4.3.1. Caratteristiche software raccolta e archiviazione dati.....	43
4.3.2. Modalità di connessione al server centrale per l'utilizzo dei Client	43
4.3.2.1. Connessione internet diretta o virtuale tra server e postazione di supervisione remota	44
4.3.2.2. Connessione tramite applicazioni web e relativi requisiti software.....	45
4.4. Considerazioni sulle applicazioni web.....	47
CAPITOLO 5.....	49
Telecontrollo con tecnologia GSM/GPRS	49
5.1. Descrizione del metodo.....	49
5.2. Descrizione della tecnologia GSM/GPRS.....	50
5.2.1. Impiego degli SMS nel telecontrollo	51
5.2.2. Commutazione di pacchetto per la trasmissione internet GPRS.....	52
5.3. Principali componenti hardware della tecnologia GSM/GPRS	53
5.3.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto	53
5.3.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale.....	54
5.4. Caratteristiche software del telecontrollo e modalità di gestione	55
5.4.1. Caratteristiche software del telecontrollo remoto	55
5.4.2. Caratteristiche software del telecontrollo del sistema centrale	56
CAPITOLO 6.....	57
Confronto tra i metodi analizzati e riflessioni conclusive.....	57
6.1. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia radio VHF.....	57
6.2. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia internet.....	59
6.3. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia GSM/GPRS	62
6.4. Osservazioni conclusive.....	64

CONCLUSIONI	65
APPENDICE A	67
APPENDICE B	75
APPENDICE C	79
APPENDICE D	82
Glossario	90
Bibliografia	95

SOMMARIO

In questa tesi viene trattato il telecontrollo di piccoli impianti idroelettrici, siano essi ad acqua fluente o derivati da un acquedotto; lo spunto per analizzare questo argomento nasce dalla proposta dell'attività di tirocinio presso un'azienda Bellunese che si occupa della progettazione e gestione di piccoli impianti idroelettrici, sparsi sul territorio provinciale. La necessità di controllare la produttività degli impianti e agire in tempo reale al presentarsi di anomalie o guasti comporta l'impiego di un sistema di telecontrollo atto a sorvegliare ogni singolo impianto, con la creazione di una sede centrale di monitoraggio e comando dell'intero parco di produzione. L'obiettivo della tesi è appunto quello di analizzare i recenti sviluppi nei metodi di telecontrollo, per poterne cogliere gli aspetti positivi. Dopo aver evidenziato quali siano le tipologie di informazioni necessarie per la supervisione, ed aver individuato le funzioni che un sistema di controllo deve essere in grado di svolgere, vengono presi in considerazione tre modelli di telecontrollo attuali, basati rispettivamente sull'impiego di un canale radio VHF, oppure sulla trasmissione via Web o sull'utilizzo della rete GSM/GPRS; per ogni tipologia vengono descritti il funzionamento e le principali caratteristiche dei componenti installati; i tre metodi sono poi tra di loro confrontati, in base ad alcuni parametri di analisi, descritti in un paragrafo dedicato, ritenuti fondamentali per la realizzazione di un telecontrollo affidabile, sicuro e flessibile.

INTRODUZIONE

Le fonti energetiche rinnovabili sono da molti anni al centro degli sviluppi tecnologici e scientifici; la continua crescita della domanda di energia elettrica mondiale comporta un repentino sviluppo dei parchi di produzione, con conseguente valutazione di quali siano le fonti primarie di energia disponibili, sia in termini di quantità, sia in termini di qualità; l'attenzione per il rispetto ambientale, e l'esaurimento delle fonti fossili, stanno incentivando lo sviluppo di nuove tecnologie pulite e rinnovabili; oltre a questo, però, è di fondamentale importanza l'ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse e delle tecnologie già disponibili; questo potrebbe essere il caso dei piccoli impianti idroelettrici, progettati e installati in siti idrogeologici dalle dimensioni ridotte, ma che rappresentano comunque una fonte di energia a basso costo e pulita; tali impianti possono riguardare lo sfruttamento del salto presente tra due serbatoi di un impianto acquedottistico comunale, oppure il salto tra due diversi punti di un corso d'acqua con sufficiente portata, soprattutto in territorio montano. Una scelta di questo tipo porta ad avere un numero, anche elevato, di impianti sparsi su una vasta area territoriale. E' quindi evidente che il controllo e la manutenzione di tali impianti richiede un efficace sistema di supervisione centralizzato, in quanto non sarebbe possibile e conveniente gestire localmente e indipendentemente ogni singolo impianto; la gestione dei dati, l'archiviazione degli stessi, la visualizzazione degli andamenti temporali delle grandezze, il registro dei comandi, sono alcune delle funzioni fondamentali che devono essere realizzate da un sistema di supervisione e controllo; da qui nasce lo spunto per l'attività di tesi, ovvero l'individuazione di un metodo innovativo che consenta di analizzare in ogni istante la produttività dell'impianto, l'andamento delle grandezze di interesse, lo stato degli automatismi, con l'eventuale segnalazione di anomalie e allarmi che possono presentarsi; oltre a questo, un efficiente controllo implica la possibilità di inviare dei comandi all'impianto da remoto, per avviare le procedure di avvio o di arresto dei gruppi macchina, o per impostare dei parametri di set point. In questo documento vengono analizzati tre metodi, con relative strumentazioni, che permettono la gestione di un sistema di produzione avente la struttura sopra citata. Il primo metodo riguarda la realizzazione di un canale radio VHF dedicato, con un sistema di ponti radio distribuiti sul territorio, che consente una connessione diretta e continua tra impianti e sistema centrale di supervisione e controllo; il secondo metodo sfrutta la comunicazione web per trasmettere le informazioni tra impianti e sede centrale, con la possibilità di avere l'accesso alla consultazione dei dati e alla supervisione da qualsiasi postazione internet remota; il terzo metodo, invece, sfrutta la rete GSM nazionale, consentendo di trasmettere dati e comandi tramite SMS o GPRS. Ogni metodo viene poi valutato e confrontato in base ad alcuni requisiti fondamentali, stabiliti e approfonditi durante l'analisi, che un sistema di telecontrollo deve avere per garantire una gestione affidabile, sicura e flessibile.

CAPITOLO 1

Piccoli impianti idroelettrici

1.1. Tipologie di piccoli impianti idroelettrici.

Per capire il fine del telecontrollo è innanzitutto necessario capire a che tipologia di impianti si fa riferimento; al giorno d'oggi, ciò che acquista sempre maggiore interesse riguarda la possibilità di sfruttare al meglio le fonti di energia rinnovabili, favorendo quindi la scelta di realizzare anche micro impianti idroelettrici, con potenze erogate che variano da qualche decina di kW fino a qualche MW.

Gli impianti che ho analizzato durante il tirocinio erano raggruppabili in due principali categorie:

- acqua fluente
- acquedotto

1.1.1. Impianti ad acqua fluente

Ogni impianto ad acqua fluente comprende vari elementi; innanzitutto le parti principali che costituiscono questo tipo di impianti sono tre, rispettivamente opera di presa, condotta forzata e edificio di centrale, generalmente organizzati come segue:

- **opera di presa:** è il punto in cui avviene il prelievo dell'acqua dal torrente; prima di mandarla in turbina attraverso la condotta forzata, è necessario ripulirla da eventuale materiale di trasporto presente; per far questo viene di solito realizzato il dissabbiatore, che consiste in una camera in cui l'acqua fluisce lentamente, lasciando sedimentare la sabbia presente prima di passare nella vasca di carico; eventuale sporcizia galleggiante viene rimossa da apposite griglie di raccolta. Il livello della vasca di carico rappresenta il punto più alto del salto disponibile H (m) che determina, assieme alla portata Q (m^3/s), il massimo valore di potenza erogabile.
- **condotta forzata:** rappresenta il collegamento tra l'opera di presa e i gruppi macchina installati nell'edificio di centrale; è generalmente una condotta in acciaio, con diametro e spessore variabili in funzione principalmente della portata Q e del salto H , che determina la pressione alla quale la condotta è soggetta.
- **edificio di centrale:** rappresenta il cuore dell'impianto: in esso sono installati i gruppi macchina costituiti da turbina (solitamente Pelton) e generatore (sincrono o asincrono), tutti gli organi idraulici, i componenti e gli automatismi elettromeccanici che consentono la gestione e la regolazione delle macchine, i quadri di comando, le protezioni, i contatori, la cabina di trasformazione BT/MT con relativo trasformatore, gli strumenti di misura e il sistema di telecontrollo.

Per le caratteristiche tecniche degli impianti analizzati durante il tirocinio si rimanda all'Appendice A.

1.1.2. Impianti su acquedotto

Questo tipo di impianto nasce dall'idea di sfruttare gli acquedotti di acqua potabile esistenti, in quanto i collegamenti tra i vari serbatoi distribuiti in un'area geografica di territorio montano

presentano dei salti che possono essere sfruttati per la produzione di energia elettrica; in tal caso non è necessaria la realizzazione dell'opera di presa, in quanto si prendono come riferimento i serbatoi già esistenti; una volta stabilita la presenza di un salto potenzialmente utilizzabile, è sufficiente individuare il punto in cui inserire l'edificio di centrale, che avrà una struttura analoga a quella precedentemente descritta; ovviamente questo non deve né pregiudicare la continuità del servizio di erogazione idrica di un paese o di un quartiere, né le caratteristiche di potabilità dell'acqua. Generalmente, data la piccola potenza ottenibile da questi impianti, sono direttamente allacciati alla rete BT.

Per le caratteristiche tecniche degli impianti analizzati durante il tirocinio si rimanda all'Appendice A.

1.2. Principali componenti idraulici di un micro impianto idroelettrico

Negli impianti analizzati sono installate turbine di tipo Pelton, date le caratteristiche di salti elevati e piccole portate; a seconda poi delle caratteristiche tecniche delle macchine che si vogliono installare e della potenza effettivamente prelevabile dall'impianto idraulico, sono presenti uno o più gruppi macchina. I principali organi idraulici di interesse per il funzionamento e la regolazione di un micro impianto idroelettrico sono:

- Valvola a farfalla: posizionata sulla condotta forzata all'ingresso della turbina, apre o chiude l'afflusso di acqua alla turbina;
- Spina/e di regolazione: regola la portata del getto che viene immesso in turbina.
- Tegolo deviatore: organo che devia il flusso dell'acqua entrante in turbina, in modo tale da non colpire direttamente le pale; viene inserito su alcuni impianti, e interviene per evitare che la macchina vada in fuga in caso di disconnessione improvvisa dal parallelo, con conseguente rischio di danneggiamento.
- Iniettori con attuatore: vengono impiegati negli impianti di dimensioni più piccole, in sostituzione delle spine; hanno la stessa funzione di regolazione del flusso d'acqua in ingresso in turbina;

Oltre a questo, va considerato che il comando di questi organi può essere gestito da automatismi di diversa natura, come ad esempio:

- automatismo oleodinamico: si installa una centralina oleodinamica che regola il posizionamento degli organi di impianto con olio messo in pressione da una o più pompe; questo automatismo è tipico di impianti con dimensioni maggiori; richiede un più alto livello di manutenzione, un continuo monitoraggio delle temperature dell'olio e consente un livello di regolazione meno spinto;
- automatismo pneumatico: la movimentazione degli organi viene gestita da aria in pressione; per far questo si utilizza un compressore; non è molto usata per la scarsa capacità di regolazione, ma è l'ideale per interventi tempestivi (viene pressoché impiegata per la rapida chiusura del tegolo deviatore);
- automatismo elettrico: è sicuramente il migliore tra gli automatismi; vengono utilizzate elettrovalvole o motori elettrici, che consentono un ottimo grado di regolazione e richiedono poca manutenzione.

Negli impianti analizzati sono installate turbine di tipo Pelton, date le caratteristiche di salti elevati e piccole portate; a seconda poi delle caratteristiche tecniche delle macchine che si

vogliono installare e della potenza effettivamente prelevabile dall'impianto idraulico, sono presenti uno o più gruppi macchina.

1.3. Principali componenti elettrici di un micro impianto idroelettrico

Il cuore della conversione elettromeccanica è il generatore: negli impianti analizzati sono installati generatori sia di tipo asincrono, sia sincrono, in funzione della taglia di potenza dell'impianto; è evidente che al crescere della potenza installata aumenta la complessità dell'impianto, che avrà quindi un numero maggiore di componenti elettrici installati, necessari sia per la regolazione della potenza stessa, sia per il controllo delle normali condizioni di funzionamento. Per quanto riguarda la regolazione, i principali componenti elettrici interessati sono le pompe delle centraline oleodinamiche e le elettrovalvole che regolano la posizione delle spine, comandate da PLC; tutta la parte di controllo, invece, viene raggruppata nel quadro di comando: in esso sono individuabili:

- pannello operatore: rappresenta l'interfaccia tra l'operatore e il controllore logico programmabile (PLC); su di esso è possibile visualizzare l'eventuale sinottico dell'impianto, i valori di settaggio della regolazione di potenza, lo stato dei componenti, gli indicatori di livello, la presenza di anomalie o guasti;
- pannello protezioni: include le protezioni del gruppo macchina, come richiesto dalle direttive ENEL; permette la regolazione e la visualizzazione dello stato;
- interruttore generale: è l'interruttore generale di bassa tensione che collega il generatore o alla linea di distribuzione di bassa tensione, o al lato bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- display di visualizzazione misure: sul quadro di comando vengono installati display che visualizzano il valore di misure di velocità di rotazione della turbina, pressione della condotta, temperature dei cuscinetti dell'albero, temperatura degli avvolgimenti del trasformatore e del generatore, portata, grado di apertura percentuale delle spine, e quant'altro sia necessario;
- contatori energia: di solito vengono installati tre contatori di energia indipendenti per misurare rispettivamente l'energia prodotta dai gruppi macchina, l'energia assorbita dai gruppi stessi nel caso non funzionino da generatore e l'energia assorbita dai servizi ausiliari;
- pulsanti di comando: sono i pulsanti che vengono impiegati per l'avvio e arresto manuali dell'impianto, o per la regolazione manuale del grado di apertura delle spine e della valvola a farfalla; oltre a questo possono esserci pulsanti di reset delle protezioni;
- interruttori ausiliari: sono gli interruttori a monte di ogni ausiliario dell'impianto, come pompe, ventilatori, motori elettrici, scaldi glie, impianto ups, batterie, eccetera;

Nel caso in cui l'impianto sia allacciato alla rete di distribuzione in media tensione, si trovano installate anche la cabina di trasformazione BT/MT con il trasformatore e gli strumenti di misura (TA e TV); oltre a questo c'è poi il sistema di tele gestione, che può essere di varia natura.

1.4. Modalità di gestione degli impianti

In un impianto idroelettrico ci sono diverse funzioni che devono essere gestite e organizzate al fine della produzione di energia elettrica; è necessario che ogni attività venga svolta in maniera automatizzata, avendo come obiettivo l'ottimizzazione della produzione di energia elettrica, in base alle disponibilità di livello d'acqua nei serbatoi e nelle vasche di carico; per far questo l'impianto deve agire in maniera autonoma, gestendo i propri organi di regolazione in funzione della variazione nel tempo delle grandezze di interesse; oltre a questo, devono esserci dei sistemi e dei componenti di controllo che permettano di assicurare la protezione di ogni organo dell'impianto, sia elettrico che meccanico, in modo da evitare il danneggiamento degli stessi.

Ciò che l'impianto deve essere in grado di gestire in modo autonomo riguarda principalmente:

- operazioni di avvio e arresto del gruppo macchina, sia in seguito a comando manuale, sia in seguito a intervento delle protezioni, con procedure gestite in automatico da PLC;
- regolazione della potenza erogata, in base alla disponibilità dei serbatoi o della vasca di carico a monte, gestite in automatico da PLC;
- verifica delle normali condizioni di funzionamento, con segnalazione di anomalie o guasti, gestita in automatico da PLC;
- regolazione del fattore di potenza, nel rispetto delle direttive di allacciamento alla rete ENEL;
- raccolta dati utili per il monitoraggio locale e remoto dell'impianto.

1.4.1. Operazioni di avvio e arresto

L'automazione di centrale, gestita da un controllore logico programmabile (PLC), deve essere in grado di gestire in maniera indipendente le procedure di avvio o arresto del gruppo macchina; sicuramente la manovra che richiede maggiore attenzione riguarda l'inserzione in parallelo del generatore alla rete: è fondamentale che la macchina si porti ad una tale velocità per cui il valore della frequenza di macchina sia coerente con il valore di frequenza della rete, e che ai morsetti sia presente una tensione pari a quella di rete, sia in modulo, sia in fase. E' chiaro che tali procedure possono essere eseguite manualmente da operatori specializzati, ma per evitare il rischio di manovre errate che possano compromettere l'integrità dei componenti di macchina è preferibile gestire queste manovre via software utilizzando il PLC; quindi, ciò che il PLC deve comandare ai vari organi nelle due diverse manovre può essere così descritto:

- **avvio gruppo:** la macchina è sconnessa dalla rete; il PLC comanda l'apertura del tegolo, ove installato; successivamente si procede con l'apertura graduale delle spine, in modo da portare in rotazione la turbina e arrivare al livello di tensione e frequenza richiesti; nel momento in cui vengono raggiunte le condizioni, verificate da un apposito strumento di sincronismo, il PLC comanda la chiusura dell'interruttore BT di parallelo; a questo punto si può continuare con l'apertura delle spine fino al raggiungimento della massima potenza estraibile, in base alle condizioni di regolazione di potenza impostate.
- **arresto del gruppo:** può essere volontario o comandato in seguito allo scatto delle protezioni, sia meccaniche che elettriche; in questo caso il PLC avvia la procedura di arresto, comandando l'apertura dell'interruttore di parallelo, la chiusura del tegolo deviatore, se presente, e delle spine.

1.4.2. Regolazione della potenza erogata

Essendo l'idroelettrico una fonte di energia rinnovabile a costi molto ridotti, l'obiettivo di un microimpianto idroelettrico è lo sfruttamento ottimale della risorsa idrica a disposizione; per questo motivo la produzione di energia elettrica in questi impianti è variabile, in funzione della disponibilità di acqua dei torrenti o degli acquedotti; è quindi necessario un sistema di regolazione della produzione, che inseguia l'andamento nel tempo della portata d'acqua; in base alla variazione della portata, varia il livello di carico delle vasche di carico o dei serbatoi a monte della turbina; è fondamentale che il livello di carico dei serbatoi a monte non scenda mai sotto un livello limite impostato, per evitare l'ingresso di aria nella condotta forzata, e successivamente in turbina, in quanto comporterebbe un funzionamento irregolare della turbina stessa. Per questo motivo l'apertura e chiusura delle spine di iniezione del getto d'acqua in turbina vengono gestite in modo da mantenere nella vasca di carico un livello d'acqua il più possibile costante: un sensore di livello viene installato nella vasca di carico o serbatoio, e il segnale di livello viene poi inviato ad un regolatore programmabile installato in centrale: tale dispositivo confronta il valore ricevuto con dei valori di riferimento precedentemente impostati e invia un segnale al PLC, che sarà di apertura spine se il livello misurato è superiore al valore settato, mentre sarà di chiusura spine se il livello è sceso sotto al valore di riferimento. Quindi il PLC gestisce i segnali di regolazione delle spine di iniezione in turbina, che come visto in precedenza possono essere comandate da azionamenti elettromeccanici o oleodinamici. In definitiva la regolazione della potenza generata viene fatta con un'azione continua di inseguimento del livello a monte. Negli impianti su acquedotto è necessario monitorare anche il livello degli eventuali serbatoi a valle.

1.4.3. Verifica delle normali condizioni di funzionamento

Affinché i gruppi macchina possano funzionare in modo regolare, è necessario che qualsiasi componente elettrico, meccanico e idraulico si trovi in condizioni di normal funzionamento; è quindi necessario un sistema di controllo e verifica, che valuti la presenza di eventuali anomalie o guasti ai componenti o agli impianti presenti sia in centrale, sia all'opera di presa o serbatoio; in base alla gravità dell'anomalia o del guasto che si può verificare, il sistema deve provvedere o alla semplice segnalazione su quadro di comando o all'interruzione della produzione, comandando l'avvio della procedura di arresto dei gruppi, che rimarranno in tale condizione fino al ripristino dello stato di normale funzionamento; il ripristino può essere automatico o può richiedere interventi di manutenzione, in base al componente dell'impianto interessato e alla natura del guasto stesso; per questo tipo di controllo vengono quindi impiegati sensori, trasduttori e protezioni, di natura sia elettrica che meccanica, i quali inviano dei segnali al PLC; i segnali che danno l'informazione possono essere ottenuti direttamente dai traduttori o attraverso un'elaborazione o confronto eseguita da appositi regolatori o strumenti di comparazione; vengono di seguito elencate alcune caratteristiche dei componenti che sono soggette a controllo, con relativo trasduttore:

Caratteristica da valutare

Apertura/chiusura valvola a farfalla
 Apertura/chiusura tegolo deviatore
 Pressione in ingresso turbina

Trasduttore

Finecorsa
 Finecorsa
 Misuratore di pressione

Portata	Misuratore di portata
Posizione spina	Trasduttore di posizione
Velocità di rotazione della turbina	Tachimetro
Tensioni ai morsetti del generatore	Voltmetro
Correnti delle fasi del generatore	Amperometro
Frequenza	Frequenzimetro
Temperature dei cuscinetti dell'albero	Sonde resistive
Temperature degli avvolgimenti del generatore	Sonde resistive
Temperature del trasformatore (olio o avvolgimenti a secco)	Sonde resistive
Temperature della centralina oleodinamica	Sonde resistive

Va però sottolineato che la protezione dell'impianto non viene solo gestita da trasduttori e PLC; per quanto riguarda il circuito elettrico, vi sono delle protezioni elettromeccaniche che vanno ad intervenire direttamente sull'interruttore generale di macchina posto in bassa tensione; un impianto in bassa tensione deve esser munito di alcune protezioni necessarie, come specificato nelle direttive ENEL DK 5940; gli impianti con cabina di trasformazione e conseguente allacciamento in MT, invece, hanno come riferimento le direttive DK 5600; alcune protezioni fondamentali vengono di seguito elencate:

Tipo di protezione	Impiego
Protezione 27	Protezione di minima tensione: interviene nel momento in cui viene superata la soglia di minima tensione ammessa.
Protezione 51N	Protezione di massima corrente, ritardata, in c.a. collegata al neutro del secondario di tre TA.
Protezione 59	Protezione di massima tensione: interviene nel momento in cui viene superata la soglia di massima tensione ammessa.
Protezione 81	Protezione di frequenza: interviene al variare della frequenza al di sopra o al di sotto di determinati limiti settati.
Protezione 67	Protezione direzionale di massima corrente in corrente alternata.

1.4.4. Regolazione del fattore di potenza

Come detto in precedenza, nei piccoli impianti idroelettrici possono essere installati sia generatori sincroni, sia generatori asincroni; la produzione di potenza del generatore sincrono è funzione dell'angolo di coppia e della corrente di eccitazione; variando la coppia motrice applicata all'asse varia la potenza attiva prodotta, mentre variando la corrente di eccitazione varia sia il modulo sia la natura della potenza reattiva, che può essere induttiva o capacitiva; quindi per regolare la produzione di potenza reattiva è necessario agire sulla corrente di eccitazione; per quanto riguarda il generatore asincrono, invece, va ricordato che per produrre potenza attiva assorbe potenza reattiva nel punto in cui viene connesso in parallelo, ed è

necessaria per magnetizzare il circuito rotorico (a gabbia), e sostenere quindi il campo magnetico rotante; per evitare l'assorbimento di tale potenza reattiva dalla rete e scambiare con essa solo potenza attiva, gli impianti con generatore asincrono sono muniti di una centralina automatica di rifasamento, costituita da banchi di condensatori modulari che vengono inseriti e disinseriti automaticamente dalla centralina stessa, in modo da avere un fattore di potenza pressoché unitario. Va ricordato che vi sono delle direttive ENEL, le DK5940 e le DK5640, che stabiliscono rispettivamente i criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete in bassa e media tensione, indicando quali sono i valori limite del fattore di potenza che devono essere rispettati, prendendo come riferimento il valore medio mensile (vedi appendice B).

1.4.5. Raccolta dati utili per il monitoraggio locale e remoto dell'impianto

In un impianto idroelettrico è necessario avere un sistema efficiente di monitoraggio, che consenta un'analisi in tempo reale di ogni grandezza di influenza o di interesse dell'impianto; essendo ogni processo automatizzato, è fondamentale poter controllare in ogni momento lo stato del sistema, la posizione e lo stato degli organi di regolazione quali spine, tegolo (se presente), valvole della condotta, interruttori di parallelo, interruttori generali; oltre a questo devono sempre essere visualizzabili gli allarmi e le eventuali anomalie; nel normale esercizio vi sono delle grandezze di interesse che vengono misurate con continuità; alcune variabili principali possono essere:

- Energia generata
- Energia assorbita
- Fattore di potenza
- Frequenza
- Tensione concatenata fasi
- Corrente delle fasi
- Tensione batterie
- Temperature avvolgimenti
- Temperature cuscinetti albero
- Temperatura centralina oleodinamica
- Temperature del trasformatore
- Temperatura ambiente
- Pressione della condotta ingresso turbina
- Portata
- Livello vasca di carico
- Livelli serbatoi

Oltre a questo si aggiungono dei dispositivi di sicurezza che segnalano la presenza di operatori o altri soggetti all'interno della centrale: vengono installati dei sensori che rilevano lo stato di porta aperta dell'edificio di centrale e interruttori a chiave che, nel momento in cui vengono azionati, segnalano la presenza dell'operatore.

In centrale, buona parte di queste informazioni sono visualizzabili sul pannello operatore installato sul quadro di comando, che svolge la funzione di interfaccia tra l'operatore e il PLC; per poter visualizzare tali informazioni da remoto, invece, è necessario avere un sistema di telecontrollo che acquisisca i dati e, dopo un'eventuale trasformazione, li trasmetta attraverso un mezzo fino alla stazione di controllo remoto, dove vengono ricevuti e rielaborati, in modo da poter essere poi visualizzati.

1. Piccoli impianti idroelettrici

.

CAPITOLO 2

Principali caratteristiche del telecontrollo

E' importante fare da subito una distinzione: un sistema di controllo remoto può svolgere due funzioni:

- **monitoraggio:** possibilità di analizzare variabili temporali, salvando in appositi archivi trend e allarmi, con aggiornamento real time dei dati;
- **controllo:** si intende la possibilità di attuare comandi remoti, acquisire stati delle apparecchiature ed eseguire controlli e manutenzioni a distanza;

Nel primo caso il flusso di informazioni è unidirezionale, dalla periferica al centro di controllo; nel secondo caso il sistema dovrà invece essere progettato per consentire uno scambio bidirezionale di informazioni tra centro di comando e impianto remoto.

2.1. Impiego del telecontrollo

Un sistema di controllo remoto di uno o più impianti può essere impiegato per diversi motivi:

- centralizzazione del controllo: nel caso in cui un'azienda o un ente disponga di più impianti distribuiti su un territorio vasto, come ad esempio provinciale e regionale, se non addirittura nazionale, può essere indispensabile avere la possibilità di controllarne lo stato e il funzionamento in un'unica sede fissa (caso ad esempio di un sistema radio), oppure in un server, accessibile tramite una connessione internet (sistema network);
- visualizzazione real-time: per avere una buona gestione della manutenzione e tempestività di intervento in caso di anomalia o guasto; è importante dal punto di vista organizzativo capire se è necessario intervenire in loco o se è sufficiente attendere il ripristino automatico di alcuni parametri o funzionalità dell'impianto(ad esempio il ripristino del livello di una vasca di carico o il reset di una protezione);
- archiviazione di dati: consente di avere uno storico dell'andamento delle grandezze di interesse di ogni impianto, utile soprattutto in caso di anomalie o guasti, oppure in sede di settaggio dei parametri degli impianti;
- possibilità di comando a distanza: permette di arrestare o avviare l'impianto a distanza, senza l'intervento di personale sul luogo di installazione dell'impianto.

distinzione tra controllo e monitoraggio, manutenzione, distanze, centralizzazione,

2.2. Struttura classica di un sistema di telecontrollo

I sistemi di telecontrollo possono essere definiti come una tipologia di sistemi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), ovvero sistemi di supervisione, controllo e acquisizione dati; queste infatti sono le tre principali funzioni che un sistema di telecontrollo deve essere in grado di eseguire; di seguito vengono descritte in maniera più dettagliata:

- acquisizione dati: è l'attività primaria di un sistema di telecontrollo, in quanto rappresenta il supporto necessario per la supervisione e il controllo; essa mette in relazione il sistema con gli organi di controllo, consentendo la conoscenza dello stato in cui si trovano i vari componenti costituenti l'impianto e l'analisi della variazione dei parametri significativi di regolazione della potenza. In sostanza con il termine

“acquisizione dati” si intende un flusso di informazioni inviate dall’impianto al sistema centrale;

- *supervisione*: è la funzione attraverso la quale un sistema di telecontrollo rende visualizzabili lo stato dei componenti, la variazione dei parametri del sistema controllato ed eventuali anomalie o allarmi; è il punto di interfaccia tra sistema controllato e operatore; grazie alla supervisione, si ha l’accesso alle informazioni dell’impianto, che possono essere sia real time, sia storiche, cioè precedentemente acquisite e archiviate.
- *controllo*: rappresenta la capacità di un sistema di prendere decisioni relative all’evoluzione del processo di regolazione, in funzione dello stato del sistema stesso; il grado di controllo viene deciso a priori, in base alla scelta del livello di interazione tra controllo automatico dell’impianto (gestito da PLC) e operatore umano, ovvero stabilire fino a che punto un impianto deve essere in grado di gestirsi in maniera autonoma, e quando invece deve esserci l’intervento dell’operatore, con decisioni e azioni stabilite manualmente; è in questa fase che si realizza un flusso di informazioni bidirezionale tra organi periferici e sistema di elaborazione centrale, con l’impartizione di comandi a seguito di un’acquisizione continua di dati.

Quindi, l’architettura di un sistema di telecontrollo può essere così rappresentata:

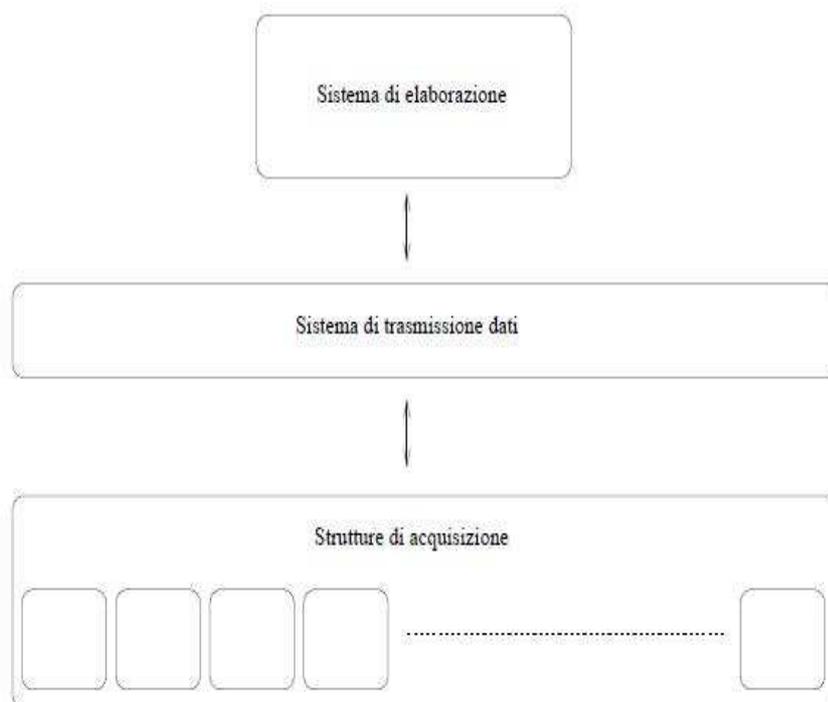


Figura 2.1 – Architettura di un sistema di telecontrollo

2.3. Tipologie di informazioni gestite da un sistema di telecontrollo

La parte periferica di un sistema di telecontrollo è costituita da apparati di acquisizione dati; questi apparati costituiscono gli organi attraverso i quali il sistema è in grado di relazionarsi con la realtà circostante; le informazioni raccolte dal sistema di acquisizione dati sono necessarie al

telecontrollo per poter svolgere la funzione di controllo; l'azione che svolgono i trasduttori è quella di tradurre grandezze fisiche in segnali interpretabili dal sistema; queste informazioni possono essere classificate in base alla loro qualità:

- informazioni digitali: le informazioni di tipo digitale sono informazioni che riescono a dare una rappresentazione della grandezza attraverso una serie di stati digitali ben identificati e distinti tra loro; l'informazione digitale classica è un'informazione che rappresenta solo due stati di funzionamento distinti, in genere opposti (aperto/chiuso, on/off); quest'informazione è facilmente rappresentabile con la presenza o meno di una determinata tensione in ingresso a una porta dell'apparato di acquisizione dati; la presenza di tensione può ad esempio rappresentare lo stato "on", mentre l'assenza lo stato "off"; tuttavia può essere necessario rappresentare un numero di stati maggiori, quindi ci sono informazioni digitali a più stati; a ogni stato logico viene associato uno stato fisico del dispositivo controllato, in base alla modalità con cui tale stato fisico viene trasdotto. Le informazioni di tipo digitale sono disponibili sia in ingresso, sia in uscita da un sistema di acquisizione dati; in funzione di questo vengono di solito definiti tele segnali gli ingressi digitali, mentre telecomandi le uscite digitali (dal centro di controllo alle unità periferiche).
- informazioni analogiche: le informazioni di tipo analogico forniscono una rappresentazione della grandezza per mezzo di valori che variano con continuità all'interno di un dato intervallo di riferimento; è il caso della rappresentazione di quelle grandezze che non possono essere rappresentate con due stati, ma che variano con continuità, come ad esempio una temperatura, una pressione, etc. Il trasduttore traduce l'informazione da grandezza fisica a informazione, che viene acquisita dal sistema di acquisizione; solitamente quest'informazione viene rappresentata con valori continui di tensione o corrente che variano in maniera proporzionale ai valori assunti dalla grandezza fisica considerata; il sistema di acquisizione ha delle porte dedicate a questa funzione; ciò che va tenuto presente è che il trasduttore deve comunicare con l'apparato di acquisizione in un range di valori di corrente o tensione supportati dallo stesso; una volta stabilita la corretta connessione e acquisita l'informazione analogica, essa viene convertita in digitale attraverso un convertitore analogico/digitale (A/D), per ottenere in uscita un numero, associato al valore della grandezza in esame; la rappresentazione di una grandezza fisica sarà tanto più reale quanto più sarà precisa la conversione, ovvero la discretizzazione con approssimazione del segnale in ingresso, e questo dipende in maggior parte dal numero di bit del convertitore, che ne determina la risoluzione. Un altro aspetto che può influenzare questo tipo di misure è il tempo di conversione del convertitore A/D: se la grandezza considerata ha un gradiente di variazione nel tempo superiore al tempo di conversione del convertitore, l'acquisizione real time dei dati può non essere corretta, con conseguente possibilità di errore di controllo da parte del sistema di controllo; il tempo di conversione viene scelto in base al tipo di grandezza da monitorare, all'imprecisione tollerata, alla frequenza con cui viene fatta la lettura, per evitare di scegliere un convertitore preciso, ma con costi sicuramente elevati. Anche in questo caso è possibile fare una distinzione tra ingresso e uscita. Generalmente un segnale analogico in ingresso viene definito telemisura, mentre in uscita si indica come teleregolazione.
- informazioni impulsive: in alcuni casi le informazioni che consentono al sistema di interagire con il mondo circostante non sono interpretabili in modo istantaneo, ma

devono essere ricostruite nel tempo per fornirne una rappresentazione corretta; un esempio può senz'altro riguardare la misura di potenza elettrica: i contatori di energia permettono di fornire un impulso in uscita ogni volta che una quantità fissata di energia viene prelevata o generata; per ottenere il valore di energia (non un valore istantaneo, ma associato a un intervallo di tempo) il sistema deve essere in grado di contare il numero degli impulsi emessi in un determinato intervallo di tempo; il sistema di acquisizione deve quindi essere dotato di porte in ingresso che permettano il conteggio degli impulsi ricevuti. Il sistema può anche essere dotato di uscite con invio di segnali ad impulso, che possono essere impiegate per il controllo di alcuni organi dell'impianto.

- informazioni complesse: in alcuni casi l'interazione tra sistema di controllo centrale e unità periferiche non avviene attraverso lo scambio di informazioni di semplice natura; esistono degli elementi nel sistema da controllare (come ad esempio alcuni contatori di energia, o il PLC) che mettono a disposizione una serie più ampia di informazioni; gestire ogni informazione con un'uscita analogica dedicata potrebbe essere tecnicamente ed economicamente scomodo, quindi si sono trovati nuovi modi di interfaccia che consentono uno scambio più complesso di informazioni, attraverso una porta di connessione evoluta che mette il sistema centrale di controllo in condizioni di creare una comunicazione autonoma tra se e il dispositivo interessato; il dialogo avviene dopo aver stabilito un protocollo di comunicazione comune (vedi paragrafo 2.6.); è questo il caso, ad esempio, dei protocolli ModBus; nell'interfacciare i due dispositivi è necessario stabilire alcuni parametri, come la velocità di trasmissione, il numero di bit dati, il controllo di parità, tipo e indirizzi dei registri da leggere, etc.

Ogni informazione in oggetto, anche se digitale o sottoforma di segnale, per essere interpretata da un apparato di acquisizione dati, deve essere rappresentata con un segnale elettrico, attraverso un trasduttore; nel caso in cui si voglia agire sul comando o sulla regolazione, si deve procedere ad un'operazione inversa, cioè convertire un segnale elettrico in un comando, attraverso un attuatore. Visto la varietà di trasduttori e attuatori sul mercato, sono stati stabiliti degli standard che permettono una corretta interfaccia tra i diversi apparati, in modo da poter stabilire un linguaggio comune. Vengono di seguito elencati i principali standard elettrici digitali e analogici in ingresso e uscita di un sistema di telecontrollo. Per le informazioni di tipo digitale in ingresso i riferimenti sono:

- segnali a 24 V in corrente continua
- segnali a 24 V in corrente alternata
- segnali a 48 V in corrente alternata
- segnali a 110 V in corrente continua
- segnali a 120 V in corrente alternata
- segnali a 220 V in corrente alternata

Per le informazioni di tipo digitale in uscita i riferimenti sono:

- comandi a 24 V in corrente continua
- comandi a 48 V in corrente continua
- comandi a 24 V in corrente alternata
- comandi a 110 V in corrente continua
- comandi a 220 V in corrente alternata
- comandi con uscita a relè

Spesso un'uscita viene utilizzata per comandare un relè che poi, attraverso un suo contatto, sarà utilizzato nel circuito di comando vero e proprio. Questo passaggio viene utilizzato per disaccoppiare elettricamente il circuito dell'apparato di acquisizione dati dal circuito di comando, in modo che un problema tecnico su un apparato non pregiudichi allo stesso tempo le due funzioni.

Per un corretto dimensionamento del circuito elettrico, sia nel caso di relè di disaccoppiamento che in quello di comando diretto, si deve tenere in considerazione l'assorbimento in corrente di ogni utilizzatore in modo da non sovraccaricare l'apparato di acquisizione dati. Inoltre si deve considerare la tipologia dell'uscita (uscita impulsiva, viene chiusa e permane in questo stato per un certo tempo trascorso il quale torna in posizione di apertura, oppure è continua nel tempo).

Per le informazioni di tipo analogico in ingresso i riferimenti sono:

- misure in tensione:
±10mV, ±250mV, ±500mV, ±1V, ±2,5V, ±5V, 1÷5V, ±10V
- misure in corrente
±10mA, ±3,2mA, ±20mA, 0÷20mA, 4÷20mA

Per le informazioni di tipo analogico in uscita i riferimenti sono:

- regolazione in tensione
0÷10V, ±10V, 1÷5V
- regolazione in corrente
4÷20mA, ±20mA, 0÷20mA

2.4. Requisiti di un sistema di telecontrollo

Un sistema di telecontrollo, data l'importanza delle funzioni che deve essere in grado di svolgere, deve essere in possesso di alcuni requisiti fondamentali, sia per quanto riguarda il sistema di controllo, sia per le tecnologie di comunicazione.

2.4.1. Requisiti del sistema di controllo

Il sistema di controllo deve essere in grado di reagire agli eventi che si manifestano con ritardi trascurabili rispetto alle dinamiche evolutive del processo stesso (ad esempio, regolare la potenza generata in base alle variazioni di livello, intervenire sull'apertura degli interruttori in caso di guasto a componenti, superamento temperature o variazione delle grandezze elettriche oltre le soglie consentite, etc). I limiti che di solito influenzano la reazione real time del sistema sono di natura tecnologica, e comprendono la limitata potenza di calcolo e i sistemi di comunicazione; oltre a questo si aggiungono altri problemi, legati alla varietà i componenti che costituiscono l'impianto; vengono di seguito analizzati gli aspetti più importanti:

- Alta affidabilità: ogni componente del sistema di controllo è caratterizzato da un determinato grado di affidabilità, cioè da una certa probabilità di malfunzionamento, espressa in generale come numero di ore o di attuazioni garantite, oltre le quali è possibile il verificarsi di un guasto o una condizione di esercizio non ottimale del componente stesso; è necessario valutare, per ogni singolo elemento, l'importanza di un eventuale fuori servizio dello stesso; l'ottenimento di un grado di affidabilità del sistema pari al 100% è il massimo a cui si può puntare, ma deve essere valutato anche l'impatto economico necessario per ottenere tale condizione. Alta affidabilità comporta continuità di servizio e qualità delle informazioni scambiate.

- **Ridondanza**: consiste nell'esistenza di più mezzi per svolgere una determinata funzione, disposti in modo tale che un guasto del sistema possa verificarsi solo in conseguenza del guasto contemporaneo di tutti questi mezzi. In pratica la ridondanza consiste nella duplicazione dei componenti critici di un sistema con l'intenzione di aumentarne l'affidabilità, in particolare per le funzioni di vitale importanza per garantire la sicurezza delle persone e degli impianti o la continuità della produzione. D'altra parte, poiché l'introduzione di ridondanze aumenta la complessità del sistema, le sue dimensioni fisiche e i costi, generalmente esse sono utilizzate solo quando i benefici derivanti sono maggiori degli svantaggi sopra citati.
- **Alta disponibilità**: riguarda l'analisi del tempo in cui il sistema è effettivamente in esercizio, ovvero considera quanto tempo è necessario al sistema di telecontrollo per questioni di manutenzione, aggiornamento software, guasti, o altre eventuali situazioni; più piccolo è il tempo di fermo del sistema di telecontrollo, più è ottimo.
- **Interazione uomo-sistema**: è evidente che la possibilità di interazione tra uomo e sistema richiesta sarà tanto maggiore quanto maggiori sono i parametri da poter impostare nel sistema di controllo, o i comandi da impartire; questo tipo di interfaccia deve essere di facile utilizzo e di totale comprensione, per poter visualizzare in qualsiasi momento lo stato di ogni componente di interesse dell'impianto idroelettrico. Nello stesso tempo, un valido sistema di interfaccia deve essere in grado di impedire ad un operatore di svolgere manovre o operazioni non corrette, che possano comportare danni alle macchine o alle apparecchiature ausiliarie.

2.4.2. Requisiti del sistema di comunicazione

Le tecnologie e i protocolli di comunicazione possono avere un ruolo determinante nell'efficienza del sistema di telecontrollo; un aspetto che a tal proposito deve essere analizzato in maniera dettagliata riguarda la scelta delle interfacce di comunicazione tra i diversi dispositivi e il sistema centrale di controllo: è questo infatti che determina l'impiego di protocolli e tecnologie ottimali. I principali requisiti di un sistema di comunicazione si possono così riassumere:

- **Velocità**: è una caratteristica fondamentale, in quanto la velocità di trasmissione dei dati deve essere sufficientemente veloce da permettere l'acquisizione, trasmissione, elaborazione, ritrasmissione e attuazione degli eventuali comandi in tempi che risultino adeguati per un efficace sistema di monitoraggio e controllo. Sistemi di dimensioni geografiche ampie, come può essere appunto il caso di vari impianti idroelettrici distribuiti su un vasto territorio montano, risentono in modo particolare dei limiti di velocità, o perché non è possibile realizzare un canale di comunicazione dedicato (e ci si appoggia ad esempio a gestori telefonici, i quali offrono servizi non sempre adeguati), o perché, anche se fosse possibile avere un canale proprio, vi sono difficoltà nella realizzazione dello stesso, proprio per la presenza di valli e monti da superare (caso tipico dei ponti radio). Infine, l'effettiva velocità di trasmissione può essere influenzata anche da altri vincoli, come ad esempio la sicurezza e l'affidabilità, che vengono in seguito trattate.
- **Sicurezza**: riguarda l'eventuale intrusione nel sistema di comunicazione da parte di soggetti indesiderati, che può comportare situazioni pericolose per il sistema di controllo; in questo insieme di soggetti vi sono sia coloro che intendono entrare nel sistema in cattiva fede, sia coloro che vi accedono in buona fede, ma che possono creare

danni avviando procedure o settando parametri in maniera errata, in quanto non sufficientemente formati sull'automazione dell'impianto; per ovviare a questi inconvenienti è possibile prendere dei provvedimenti, che limitino le aree accessibili alle funzioni del sistema e all'attività degli addetti; ovviamente il livello di sicurezza da adottare dipende fondamentalmente dalla tecnologia adottata (ad esempio le infrastrutture attuali con protocolli TCP^[G] e UDP richiedono senz'altro un controllo maggiore rispetto a un collegamento in fibra ottica punto – punto);

- *Servizi supportati*: una caratteristica dei protocolli e delle tecnologie di comunicazione è il tipo di servizi erogati. Nell'analisi delle caratteristiche dei sistemi di comunicazione è necessario valutare correttamente la tipologia dei dati da trasferire per permettere una scelta adeguata alle esigenze dell'intero sistema. Tecnologie diverse e protocolli diversi possono erogare servizi di trasporto caratterizzati da tipi di dati simili o addirittura identici, ma quasi certamente con prestazioni differenti tra loro (velocità, meccanismi di ritrasmissione, metodi di controllo degli errori di trasmissione, qualità del servizio). Una volta individuate le caratteristiche minime, in termini di tipi di dati, è necessario, quindi, valutare la qualità del servizio offerta dall'infrastruttura di comunicazione per valutare l'opportunità di adottarla.
- *Affidabilità*: la trasmissione dei dati è un processo caratterizzato da fenomeni che possono pregiudicare l'integrità dell'informazione trasportata, comportando un rischio di valutazione errata dello stato dei diversi componenti dell'impianto; le diverse tecnologie, con i relativi protocolli, sono dotate di algoritmi di controllo che hanno il compito di individuare eventuali errori causati dalle infrastrutture di trasporto; vi sono anche dei provvedimenti correttivi che i servizi di comunicazione sono in grado di prendere per cercare di ovviare all'errore di trasmissione; più un sistema è ricco di algoritmi di controllo, più la trasmissione dati sarà efficiente, a discapito però della velocità di flusso dei pacchetti di dati. Infatti, il controllo richiede l'eventuale ritrasmissione dei dati, l'ordinamento dei dati spediti, etc. Un'analisi appropriata del sistema di telecontrollo desiderato e del sistema di telecomunicazione porta alla scelta del giusto compromesso tra qualità e velocità dell'informazione.
- *Disponibilità*: è necessario valutare gli eventuali disservizi che possono presentarsi nel sistema di telecomunicazione; l'apparato di acquisizione è caratterizzato da una raccolta di dati continua: se avviene un'interruzione della trasmissione, al momento del ripristino del collegamento il sistema dovrà provvedere alla ritrasmissione dei dati, altrimenti i dati appartenenti a quell'istante verranno persi, e sarà necessario interrogare nuovamente le periferiche per conoscere l'effettivo stato delle apparecchiature. oltre a questo, nel momento in cui si voglia impartire un'azione di comando, il canale di comunicazione deve essere immediatamente disponibile.
- *Interfacciabilità*: riguarda la possibilità di interfacciare elementi diversi senza aver difficoltà nello scambio delle informazioni; è preferibile impiegare dispositivi standard, e non realizzati in maniera privata da alcune aziende costruttrici, che impiegano cioè protocolli comuni riconosciuti a livello internazionale, in modo che l'eventuale aggiunta di elementi al sistema o modifica dello stesso non dipenda dal mercato o dalla fornitura di un'azienda; questo comporta sicuramente una maggiore elasticità e adattabilità dell'impianto di telecontrollo, che comporta una maggiore flessibilità nelle ordinarie o straordinarie operazioni di manutenzione che si possono presentare.

2.5. Punti essenziali della progettazione di un sistema di telecontrollo

Il primo passo da compiere verso la realizzazione di un sistema di telecontrollo riguarda senza dubbio l'analisi dell'impianto idroelettrico in questione, con la successiva scelta dei requisiti che il telecontrollo dovrà essere in grado di soddisfare, sia di controllo, sia di monitoraggio. Per far questo, è necessario stabilire il numero e la natura dei componenti da controllare, vale a dire la definizione di ogni punto di input/output del sistema; è logico che gli ingressi e le uscite sono strettamente legati al livello di automazione che dovrà avere l'impianto, in base alle procedure che potranno essere azionate, in base ai parametri che vorranno essere gestiti. Questi dati permettono di scegliere le diverse tipologie di periferiche e la struttura del sistema di controllo centrale, sia dal punto di vista software, sia hardware, stabilendo quali saranno le risorse a disposizione del sistema operativo. Per quanto riguarda il tipo di canale di comunicazione, è già stato ampiamente detto nel paragrafo 2.4.2. precedente. Un'ultima considerazione riguarda l'archiviazione dati; devono essere considerati vari aspetti, come ad esempio chi può visualizzarli, a cosa servono: nell'esperienza di tirocinio ho potuto constatare che la proprietà, il controllo, la gestione e la manutenzione di un impianto spesso appartengono a soggetti diversi; è chiaro che chi controlla e gestisce l'impianto avrà bisogno di un accesso ai dati ben più profondo rispetto a un proprietario, che come unico interesse può avere la visualizzazione di dati essenziali (energia prodotta, ore di funzionamento o fuori servizio) e non il settaggio dei parametri; in questo caso il sistema deve permettere accessi diversi, ed avere una struttura simile a quella mostrata in figura 2.2.

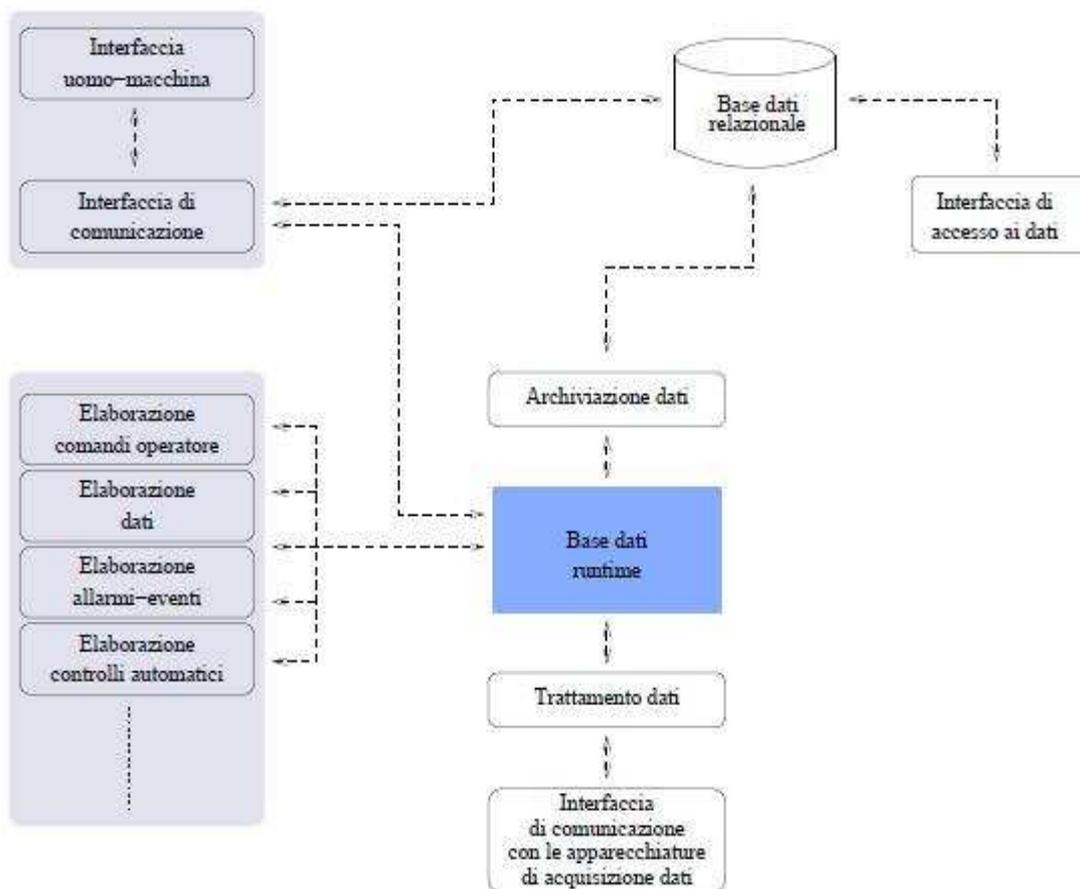


Figura 2.2 – Struttura base di un sistema di telecontrollo

la base dati runtime raccoglie i dati direttamente dalle periferiche; da qui vi sono tre diramazioni: la prima riguarda lo scambio di informazioni tra base dati runtime e sistema di controllo, in modo che possano essere elaborati i dati e prese decisioni di controllo automatico dell'impianto, estinzione allarmi e anomalie, esecuzione dei comandi operatore; la seconda interessa la base dati runtime e l'interfaccia uomo-macchina del personale addetto, con la visualizzazione dei dati su display o monitor, mediante sinottici, tabelle o grafici temporali e la possibilità di impartire comandi, sia locale che da remoto; il terzo ramo riguarda invece l'archiviazione dati vera e propria, con lo stoccaggio dei dati in archivi storici, accessibili per valutare lo stato di produzione dei gruppi, i guasti e le anomalie avvenuti, trend delle grandezze, etc, accessibili anche da personale non qualificato, senza la possibilità di apportare modifiche.

2.6. Importanza degli standard di comunicazione

Come è emerso dai paragrafi precedenti, è fondamentale che due computer o apparecchiature tra loro connesse siano in grado di comunicare, scambiandosi informazioni in maniera indipendente dalla natura degli apparati stessi e del mezzo di collegamento; l'informazione viene gestita come un pacchetto di dati: i dati di partenza vengono incapsulati all'interno di una struttura di dati più ampia che contiene informazioni relative a mittente e destinatario del dato e al mezzo di comunicazione che li lega, senza violare il contenuto originario dell'informazione. A partire dagli anni settanta, sono stati realizzati e perfezionati due diversi modelli di riferimento per la comunicazione, oggi utilizzati in qualsiasi tipo di sistema; i due modelli principali sono il modello ISO/OSI e il modello TCP-IP, che vengono di seguito brevemente descritti.

2.6.1. Modello ISO/OSI

L'Open Systems Interconnection (meglio conosciuto come livello ISO/OSI) è uno standard per reti di comunicazione tra diversi sistemi, realizzato dall'International Organization for Standardization, il principale ente di standardizzazione internazionale, che stabilisce una pila di protocolli organizzati in 7 livelli, che espletano in maniera logico-gerarchica tutte le funzionalità di rete.

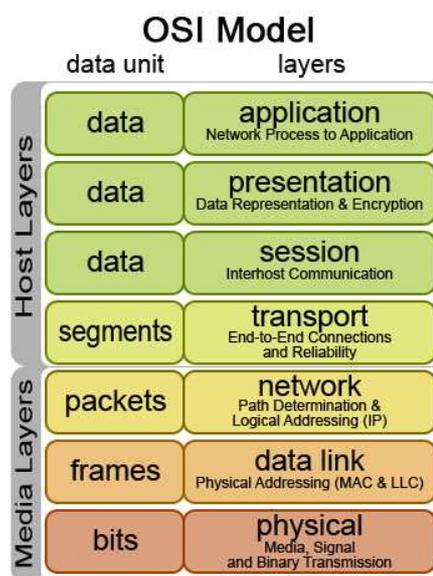


Figura 2.3 – Livelli modello ISO/OSI

Tale pila (o stack) di protocolli riduce la complessità implementativa di un sistema di comunicazione. In particolare ISO/OSI è costituito da strati (o livelli), i cosiddetti *layer*, che racchiudono uno o più aspetti fra loro correlati della comunicazione fra due nodi di una rete. I layers sono in totale 7 e vanno dal livello fisico (quello del mezzo fisico, ossia del cavo o delle onde radio) fino al livello delle applicazioni, attraverso cui si realizza la comunicazione; l'informazione ha l'aspetto di un pacchetto, contenente i dati di partenza, l'indirizzo di partenza e di arrivo e una serie di ulteriori informazioni necessarie ai vari livelli per il controllo e il corretto indirizzamento dell'informazione stessa; durante una trasmissione, i dati attraversano alcuni degli strati al livello del terminale emittente. Ad ogni livello, un'informazione viene aggiunta al pacchetto di dati: si tratta di un'intestazione, un insieme di informazioni che garantisce la trasmissione. A livello del terminale ricevente, al momento del passaggio in ogni livello, l'intestazione viene letta, poi cancellata; i diversi livelli riconosciuti da questo modello sono:

1. livello fisico (physical layer): La funzione del livello fisico è di inviare e di ricevere bit e si occupa delle seguenti operazioni: connessione fisica (cablata o wireless), permettendo trasmissioni duplex o half duplex^[G]; manipolazione dei bit nel caso di trasmissione seriale; identificazione del circuito; sequenziatore dei bit; notifica delle condizioni di errore; modulazione^[G] e demodulazione; trasmissione dei dati e segnali di scambio; caratterizzazione del mezzo di comunicazione (è questo l'unico livello in cui si mantiene una connessione elettrica; nei livelli superiori sono utilizzati solo connessioni logiche o virtuali);
2. livello di collegamento (link layer o datalink): La funzione di questo livello è quella di raggruppare i bit all'interno di blocchi o frames. Questo livello realizza i seguenti servizi: stabilisce e rilascia una o più connessioni; effettua lo scambio dei blocchi; ricompone la sequenza corretta dei blocchi ricevuti; notifica al livello superiore la comparsa di errori; controlla il flusso dei dati; identifica i punti collegati;
3. livello di rete (network layer): la sua funzione è quella di organizzare i dati all'interno dei pacchetti, ovvero blocchi con aggiunta di informazioni per la rete. I servizi possono essere: indirizzamento ed identificativi, realizzazione o rilascio della connessione di rete, trasmissione ed inoltro dei pacchetti, notifica al livello superiore la comparsa di errori, controllo del flusso pacchetti.
4. livello di trasporto (transport layer): frammenta i dati del livello superiore in pacchetti; organizza i dati in messaggi contenenti, oltre ad un pacchetto, tutte le informazioni necessarie al livello stesso. Si assicura che tutti i dati inviati siano ricevuti completamente e nella sequenza corretta. Il livello svolge le seguenti funzioni: trasmissione dei messaggi, rilevamento degli errori, correzione degli errori, realizzazione o rilascio della connessione di trasporto, trasferimento dei dati;
5. livello di sessione (session layer): organizza i dati in unità di sessione denominate SPDU (Session Protocol Data Units) ed ha i seguenti compiti: gestione del dialogo, sincronizzazione del flusso di dati, gestione degli indirizzi degli utenti, disconnessioni di tipo gentile o brusco, memorizzazione dei dati fino al momento della spedizione. I servizi forniti da questo livello si possono riassumere in 3 gruppi: creazione della connessione, trasferimento di dati, rilascio della connessione;
6. livello di presentazione (presentation layer): è racchiusa la gestione del terminale, che comprende le seguenti funzioni: trasferimento di sintassi, codifica, decodifica e compattazione dei dati, interpretazione del set di caratteri (ASCII o altro), conversioni di codice;

7. *livello di applicazione* (application layer): può essere considerato una finestra sul mondo delle comunicazioni: è l'ultimo livello del sistema OSI. Le sue funzioni si possono riassumere in questo modo: login per riconoscimento degli utenti, controllo della password e/o delle autorizzazioni a utilizzare il sistema di comunicazione, stabilire l'adeguatezza delle risorse e la qualità del servizio, sincronizzare i programmi applicativi, selezionare le procedure di dialogo, controllare l'integrità dei dati e stabilire alcune regole sulla correzione degli errori.

2.6.2. Modello TCP-IP

Così come ISO/OSI anche il modello del TCP/IP è stato strutturato in livelli, e precisamente quattro, risultando più semplice del modello ISO/OSI. Il suo nome deriva dai due principali protocolli che lo compongono, il TCP^[G] (Transmission Control Protocol) che copre il livello 3 e l'IP (Internet Protocol) che copre il livello 2. Per chiarire meglio la struttura della comunicazione attraverso i vari protocolli si può fare riferimento alla seguente figura:

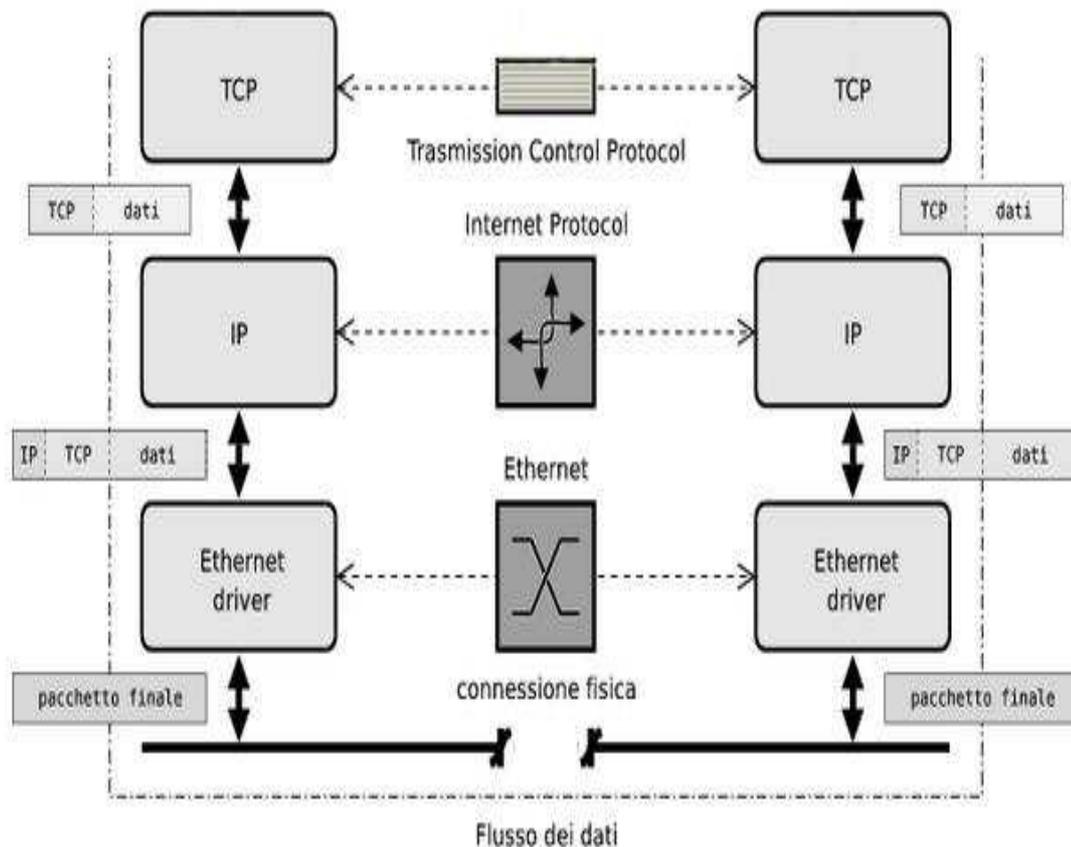


Figura 2.4 Livelli modello TCP-IP

Le funzioni dei vari livelli sono le seguenti:

1. *livello di collegamento* : è responsabile per l'interfacciamento al dispositivo elettronico che effettua la comunicazione fisica, gestendo l'invio e la ricezione dei pacchetti da e verso l'hardware;

2. livello di rete: si occupa dello smistamento dei singoli pacchetti su una rete complessa e interconnessa; a questo stesso livello operano i protocolli per il reperimento delle informazioni necessarie allo smistamento, per lo scambio di messaggi di controllo e per il monitoraggio della rete. Il protocollo su cui si basa questo livello è IP (sia nella versione IPv4 che nella nuova versione IPv6);
3. livello di trasporto: fornisce la comunicazione tra le due stazioni terminali su cui sono installati i software, regola il flusso delle informazioni, può fornire un trasporto affidabile con recupero degli errori, o inaffidabile. I protocolli principali di questo livello sono il TCP e l'UDP;
4. livello di applicazione: è relativo ai programmi di interfaccia con la rete, in genere questi vengono realizzati secondo il modello client^[G]-server^[G], realizzando una comunicazione secondo un protocollo che è specifico di ciascuna applicazione.

La procedura di incapsulamento dell'informazione si può riassumere nei seguenti passi, dall'alto verso il basso:

- Le singole applicazioni comunicano scambiandosi i dati ciascuna secondo un suo specifico formato. Per applicazioni generiche viene di solito definito ed implementato quello che viene chiamato un protocollo di applicazione (esempi possono essere HTTP^[G], POP, SMTP, ecc.), ciascuno dei quali è descritto in un opportuno standard .
- I dati delle applicazioni vengono inviati al livello di trasporto usando un'interfaccia opportuna; qui verranno spezzati in pacchetti di dimensione adeguata e inseriti nel protocollo di trasporto, aggiungendo ad ogni pacchetto le informazioni necessarie per la sua gestione. Questo processo viene svolto direttamente dal protocollo TCP, nel caso il protocollo di trasporto usato sia questo.
- Una volta composto il pacchetto nel formato adatto al protocollo di trasporto usato, questo sarà passato al successivo livello, quello di rete, che si occupa di inserire le opportune informazioni per poter effettuare l'instradamento nella rete ed il recapito alla destinazione finale. In genere questo è il livello di IP (Internet Protocol), a cui vengono inseriti i numeri IP che identificano i computer all'interno della rete.
- L'ultimo passo è il trasferimento del pacchetto al driver della interfaccia di trasmissione, che si incarica di incapsularlo nel relativo protocollo di interfaccia. Questo può avvenire sia in maniera diretta, come nel caso di ethernet^[G], in cui i pacchetti vengono inviati sulla linea attraverso le schede di rete, sia in maniera indiretta con protocolli appositi che vengono usati come interfaccia (caso delle porte seriali).

CAPITOLO 3

Telecontrollo con tecnologia radio VHF

3.1. Descrizione del metodo

In un sistema di controllo remoto con tecnologia radio VHF (very high frequency), ogni informazione di telemonitoraggio e telecontrollo viene trasmessa su una banda stretta di frequenze determinata, appositamente dedicata a questo tipo di comunicazione; in questo caso, ogni dato che deve essere trasmesso, viene convertito in un segnale audio, trasmesso attraverso un' antenna, ricevuto dal destinatario e convertito nuovamente nel formato di partenza; generalmente si scelgono le frequenze nella gamma VHF perché sono l'ideale per comunicazioni terrestri a breve distanza, com'è il caso di impianti idroelettrici distribuiti sul territorio, mantenendo un campo di trasmissione più ampio del limite del trasmettitore; la ionosfera non riflette le trasmissioni radio VHF, quindi questo tipo di trasmissioni è limitato all'area di impiego locale, senza interferire con altre trasmissioni a distanza maggiore; le onde VHF sono poco affette dal rumore atmosferico e non vengono significativamente disturbate dalle apparecchiature elettriche, rispetto alle trasmissioni a basse frequenze; oltre a questo, le trasmissioni VHF sono meno disturbate dalla presenza di edifici o altri oggetti rispetto alle UHF (ultra high frequency), ma sono molto influenzate dalle caratteristiche morfologiche del territorio.

3.2. Principali componenti hardware della tecnologia VHF

Si può fin da subito fare una distinzione: in un sistema di telecontrollo di questo tipo avremo delle apparecchiature installate direttamente nell'edificio di centrale e altre installate invece nel centro di controllo.

3.2.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto

La struttura del sistema di telecontrollo nell'edificio di centrale può essere rappresentata come segue, in figura 3.1; sia il PLC che la centralina di telecontrollo (TLC) prelevano dall'impianto i segnali di interesse e sono tra di loro comunicanti tramite porta seriale; la centralina di telecontrollo invia i propri segnali attraverso l'antenna VHF; ogni impianto idroelettrico è munito di un quadro dedicato per le apparecchiature di telecontrollo; tale unità periferica è composta da una scheda CPU connessa ad una struttura di input/output integrata su di un circuito stampato costituente la scheda madre; la sezione di acquisizione e controllo prevede ingressi analogici, digitali, ingressi a contatore d'impulso, uscite a relè e interfacce seriali con porte RS232 e RS485, che possono essere impiegate per collegarsi direttamente con il PLC; tutta la parte di acquisizione è espandibile per poter gestire un numero maggiore di eventuali ingressi; questa centralina ha un alimentatore proprio in grado di fornire tensione e corrente necessarie al funzionamento continuo dell'elettronica di bordo; in condizioni di normale funzionamento viene anche caricata una batteria tampone, installata anch'essa nello stesso quadro, destinata ad alimentare il tutto nel caso di mancanza della tensione di rete, per evitare di perdere il segnale di telecontrollo.

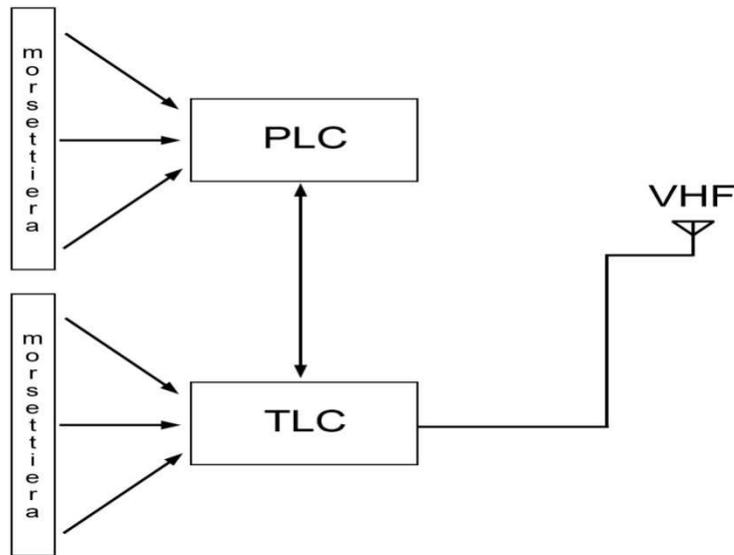


figura 3.1- Struttura del telecontrollo remoto

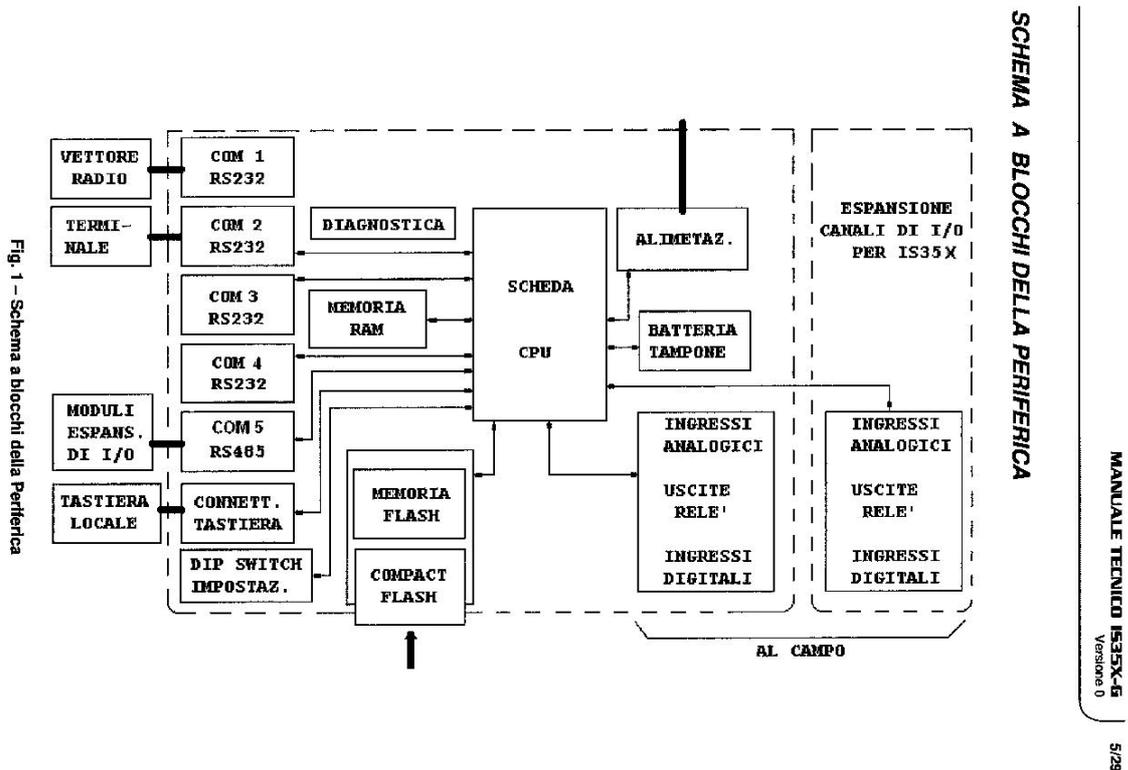


figura 3.2 – Struttura della scheda madre

Per inviare le informazioni via VHF, questa centralina è dotata di un modem, che trasmette tramite vettore radio; il protocollo standard adottato è il BELL 202^[G], con modulazione digitale; in questo protocollo gli stati digitali classici (off/on, 0/1) vengono rispettivamente convertiti in due note, solitamente alle frequenze di 1200 Hz e 2200 Hz; di solito ogni scheda madre è munita anche di un relè di Watch Dog, necessario a interrompere e resettare il loop di

acquisizione dati nel momento in cui per qualsiasi motivo dovessero presentarsi degli errori. La struttura tipica di questo tipo di schede madri è mostrata nella precedente figura 3.2.

3.2.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale

La stazione centrale di telecontrollo deve essere generalmente in grado di gestire un certo numero di impianti, aventi ognuno caratteristiche diverse; la struttura tipica di una sede centrale di telecontrollo è la seguente:

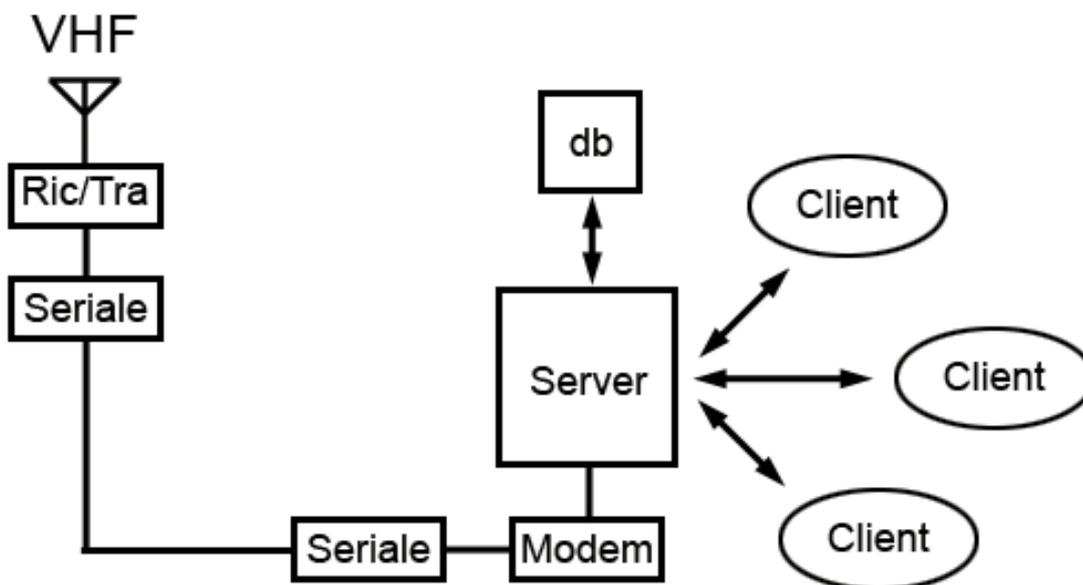


Figura 3.3 – Struttura telecontrollo centrale

il cuore del telecontrollo è un server, costituito solitamente da un computer, che gestisce ogni flusso di informazione tra antenna trasmittente/ricevente e le postazioni computer di controllo, dette Client^[G]. Il server gestisce tutto ciò che riguarda la parte di acquisizione dati, con un processo che svolge un continuo loop di acquisizione per ogni impianto, a intervalli di tempo determinati, stabiliti principalmente in funzione del numero di impianti da dover gestire, dal volume di dati in ingresso e dalla capacità intrinseca del canale, intesa come volume di pacchetti dati da poter scambiare simultaneamente; generalmente il server non è mai unico, ovvero esistono due o più server, tra i quali uno è sempre in servizio come “server principale” o “master”, gli altri sono pronti ad entrare in funzione come “server secondari” o “slave” nel caso il server principale dovesse avere problemi hardware o software; tale commutazione viene effettuata da un relè di watch dog, che ha il compito di sorvegliare il corretto funzionamento del server master.

I dati acquisiti vengono poi archiviati in un database, costituito da uno o più computer con un sufficiente numero di hard disk, in cui è possibile stoccare le informazioni acquisite, rendendo il server più veloce, meno pesante, e consentendo una ricerca delle informazioni storiche più mirata ed efficace. La parte di trasmissione comandi e ricezione dei dati è costituita da:

- *modem*: questo dispositivo permette la modulazione e la demodulazione dei segnali contenenti l'informazione; consente di convertire un'informazione in un segnale audio trasferibile poi in banda VHF, e viceversa al momento della ricezione;
- *collegamento seriale*: generalmente realizzato con l'impiego di porte RS485, consente di collegare il modem al modulo radio a cui è connessa l'antenna, senza avere perdite significative nell'ampiezza del segnale;
- *ricevitore/trasmittitore*: svolge il ruolo di incapsulamento del segnale audio in uscita dal modem, prima di essere trasmesso in VHF;
- *antenna*: instrada o riceve il segnale nella banda di frequenze VHF

I Client^[G] sono delle postazioni computer collegate al server principale mediante una rete LAN^[G] interna, utilizzate da personale di manutenzione, supervisori o ingegneri di controllo e progettazione, che attraverso delle apposite interfacce grafiche possono visualizzare i dati dell'impianto in condizioni real time, oltre a questo è possibile visualizzare i trend delle grandezze di interesse, interrogare il database per l'analisi di dati storici e, attraverso dei sinottici, inviare dei comandi agli impianti, sia a riguardo dell'avvio o arresto dei gruppi, sia di impostazione parametri di set point dei diversi componenti.

3.3. Caratteristiche software del telecontrollo

In un sistema di questo tipo è necessario riuscire a interfacciare tra di loro componenti hardware gestite da diversi ambienti software:

- il PLC è gestito attraverso un suo software di programmazione, che si occupa di acquisizione segnali, svolgimento di processi e quindi invio comandi in uscita; viene programmato innanzitutto per svolgere ogni automazione di centrale necessaria al fine della produzione di energia elettrica in maniera indipendente, inseguendo il livello di acqua disponibile nei serbatoi o nella vasca di carico a monte, comandando le valvole e le spine della turbina e ogni componente dei servizi ausiliari. Oltre a questo deve avere delle porte a disposizione (di solito seriali) per l'interfacciamento con il telecontrollo.
- la centralina di TLC remota deve anch'essa gestire un loop continuo di acquisizione dati, sia da morsettiera, sia da PLC, trasformarli in dati audio trasferibili via VHF, ricevere comandi da VHF e comandare quindi relè in uscita; al suo interno devono essere installate tutte le informazioni relative all'impianto da controllare, e soprattutto devono essere specificati gli standard e il protocollo da utilizzare per poter comunicare con il PLC; ovviamente devono essere installati anche gli standard e il protocollo di comunicazione; questi protocolli seguono gli standard di interfaccia tradizionali, mentre la modalità di incapsulamento dell'informazione viene autonomamente gestita dall'azienda produttrice del telecontrollo, in modo tale da avere un segnale sicuro che non possa essere influenzato da interferenze;
- il server centrale ha un software in grado di gestire ogni informazione in transito, dati, richieste di lettura dati o invio di comando; come già detto in precedenza, il server gestisce contemporaneamente ogni impianto: al suo interno sono quindi installate tutte le caratteristiche di ogni macchina, con i relativi valori di set point e di riferimento; oltre a questo, nel momento in cui le informazioni vengono visualizzate su una postazione Client^[G], il software del server deve essere in grado di trattare i dati in maniera corretta, inserirli e visualizzarli su grafici tenendo in considerazione le scale adottate, la

proporzionalità tra misura reale e misura trasdotta dal dispositivo di acquisizione, periodo temporale di riferimento, etc.

- le postazioni Client di supervisione e controllo hanno un software di interfaccia che permette di trattare i dati archiviati attraverso grafici e sinottici; i dati vengono prelevati direttamente dal database del sistema, ma possono essere visualizzati in maniera diversa a seconda dell'esigenza dell'utente; variazione scale dei grafici, grandezze considerate, periodo temporale di riferimento, refresh manuale dei dati real time sono tutte funzioni che possono essere svolte nella supervisione dalla postazione Client; nei sinottici è possibile variare parametri di livello dei serbatoi usati come riferimento per la produzione di potenza, e eseguire i principali comandi di avvio o arresto dei gruppi macchina;

3.4. Modulazione digitale e controllo degli errori.

Con il termine di modulazione^[G] digitale (o numerica), si indica una tecnica di modulazione in cui il segnale modulante rappresenta un'informazione in formato binario, cioè tale da assumere solo due possibili valori (esempio 0 o 1) o una stringa di questi. Tale segnale modulante, nel nostro caso, è rappresentato dalle informazioni dell'impianto, convertite in formato digitale; come precedentemente accennato, le informazioni che devono essere spedite dall'impianto di produzione remoto al centro di controllo, e viceversa, vengono trattate da un modem, di solito del tipo Bell 202^[G]; questa tipologia di modem è molto semplice, e utilizza la tecnica AFSK (Audio frequency-shift keying) per la modulazione del segnale; tale tecnica realizza una modulazione di frequenza nel range delle frequenze audio, in cui il segnale modulante sposta la frequenza della portante in uscita da uno all'altro di due valori predeterminati, noti l'uno come frequenza d'impulso (mark) a 2200 Hz, l'altro come frequenza d'intervallo (space) a 1200 Hz, che determinano rispettivamente la trasmissione di un 1 e di uno 0 binari. In pratica, il segnale in uscita dal modem viene inviato all'ingresso microfonico di un normale ricetrasmittitore a modulazione di frequenza (FM), che usa le VHF. Un esempio di tale modulazione viene di seguito riportato nella figura 3.4.

Vista la presenza di ponti radio di collegamento tra le centraline idroelettriche più distanti dal centro di controllo e il centro di controllo stesso, il protocollo utilizzato per la comunicazione prevede l'utilizzo della funzione Store and forward, che consente di verificare l'integrità del messaggio o pacchetto, prima di spedirlo nuovamente; il controllo di eventuali errori viene effettuato mediante l'impiego di due diversi sistemi di rilevazione dell'errore:

- *bit di parità*: prevede l'aggiunta di un bit ridondante ai dati, calcolato in modo tale che il numero di bit che valgono 1 sia sempre pari o dispari; quindi, se gli 1 sono pari, tale bit varrà 0, altrimenti se sono dispari varrà 1; se durante la trasmissione dell'informazione si modificano un numero dispari di bit (quindi compare l'errore), il bit di parità non sarà corretto, e verrà indicato che la trasmissione non è andata a buon fine;
- *invio acknowledgement (ACK)*: rappresenta un piccolo pacchetto inviato dal ricevitore al trasmettitore che dà il segnale di conferma ricezione pacchetto, in modo tale che il trasmettitore possa quindi procedere con l'invio di altre informazioni.

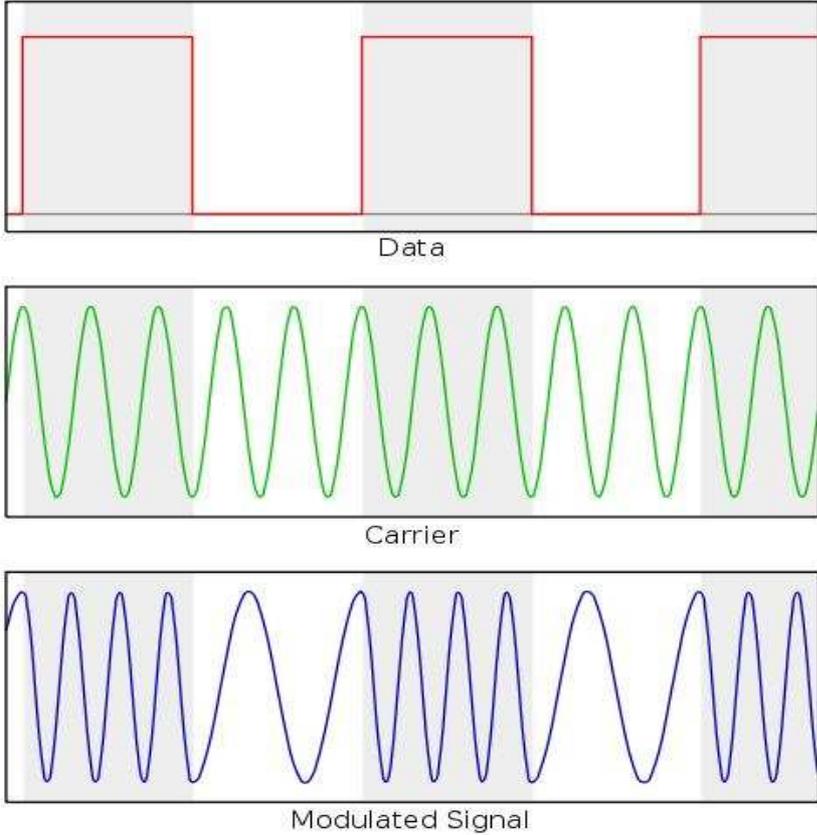


figura 3.4 – Modulazione AFKS

CAPITOLO 4

Telecontrollo con tecnologia internet

4.1. Descrizione del metodo

In questa sezione viene trattato un metodo che consente il controllo di piccoli impianti idroelettrici mediante l'impiego di una connessione internet; il principio sfrutta la possibilità di interfacciare il PLC dell'automazione dell'impianto con un computer remoto installato direttamente nell'edificio di centrale; questo computer dovrà avere dei requisiti software e hardware che gli consentano di interagire con il PLC stesso, in modo da rilevare i segnali in ingresso ai moduli digitali o analogici presenti, convertirli in un opportuno linguaggio, in modo tale da poterli poi acquisire all'interno del computer, rielaborarli ed ottenere dei dati da poter utilizzare sia per una visione locale attraverso un dispositivo di interfaccia uomo-macchina, sia per poterli inviare attraverso internet alla sede centrale del telecontrollo, dove possono essere archiviati in un opportuno database, ed in seguito interrogati da apposite postazioni remote di supervisione e controllo. La struttura di un tale sistema è la seguente:

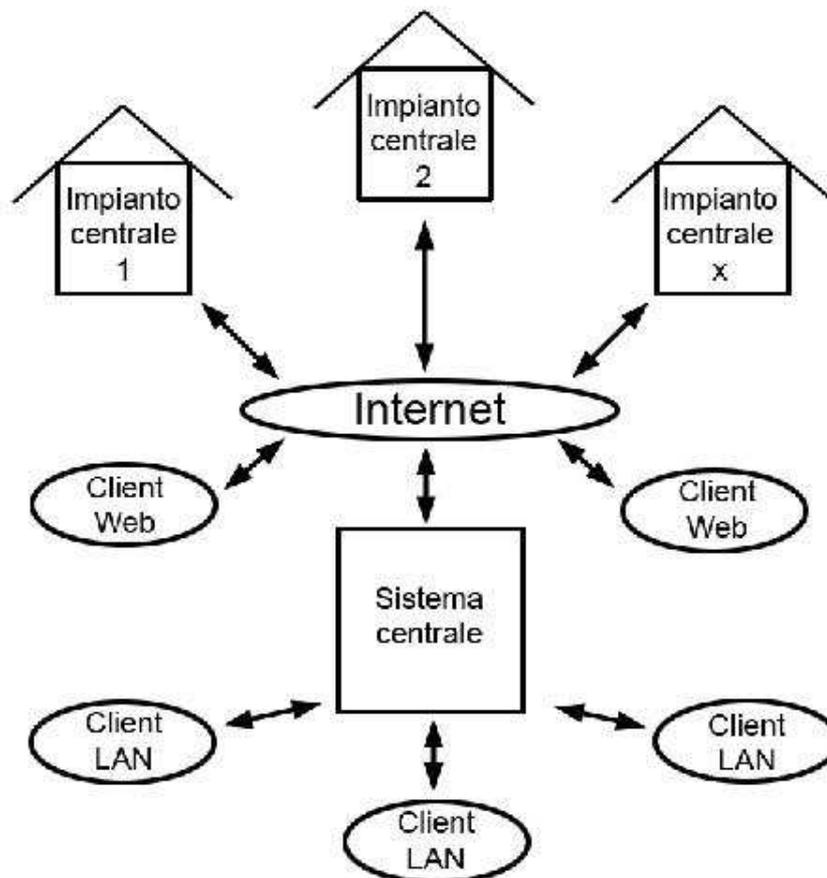


Figura 4.1 – Struttura del telecontrollo internet

In questo caso il computer di centrale svolge la funzione di server remoto, mentre nella sede centrale ci sarà un server in grado di gestire sia le varie informazioni in arrivo dagli impianti

dislocati sul territorio, sia le richieste di analisi di dati o di invio di comandi provenienti dalle postazioni Client^[G] remote. Il desiderio di realizzare un telecontrollo di questo tipo nasce dalla necessità o possibilità di poter visualizzare lo stato degli impianti da una qualsiasi posizione, avendo la disponibilità di una connessione internet che consenta di accedere al server centrale. Oltre a questo, ogni impianto deve essere provvisto di un indirizzo IP^[G] statico, come anche la sede centrale, per essere univocamente individuati. Al giorno d'oggi, infatti, il personale addetto alla manutenzione degli impianti, o qualsiasi operatore addetto alla supervisione, necessitano di avere accessibilità ai dati dell'impianto in qualsiasi momento, visto che la produzione di energia avviene ventiquattrore su ventiquattro, e deve quindi essere monitorata. Va però detto fin da subito che vista la natura degli impianti, dislocati in luoghi perlopiù remoti, non è sempre possibile avere l'accesso ad una connessione internet attraverso linea telefonica o fibra ottica.

4.2. Principali componenti hardware della tecnologia internet

Si può fin da subito fare una distinzione: in un sistema di telecontrollo di questo tipo avremo delle apparecchiature installate direttamente nell'edificio di centrale e altre installate invece nel centro di controllo.

4.2.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto

In questo metodo, la struttura di telecontrollo remoto assume la seguente configurazione principale:

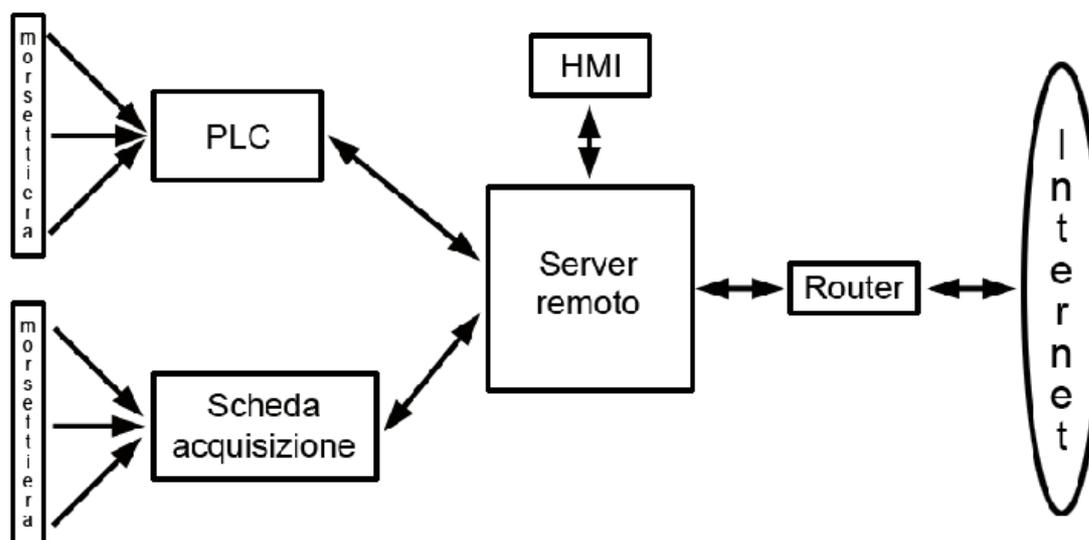


Figura 4.2 – Struttura hardware remota

In questo caso il PLC viene munito di un apposito modulo di espansione che consente di inviare i dati raccolti in ingresso ad un computer, che svolge la funzione di server remoto; questa interfaccia avviene mediante l'impiego della tecnologia Modbus^[G] o Profibus^[G] (tipica della Siemens), che consentono di trasferire i dati tramite porta seriale RS 485^[G] o attraverso un collegamento Ethernet^[G]; è chiaro che questo comporta un notevole vantaggio dal punto di vista del cablaggio, in quanto viene usato un solo collegamento fisico per ottenere tutti i dati necessari per l'acquisizione del telecontrollo; se vi fossero altri dati da dover raccogliere, non utili al PLC al fine dell'automazione, come ad esempio temperatura ambiente, umidità, sensore

di apertura delle porte, presenza operatore o quant'altro, è possibile installare un'altra unità indipendente, avente anch'essa degli ingressi analogici e digitali, che rileva questi segnali e li comunica al computer in maniera indipendente, mediante l'utilizzo delle stesse porte seriali od ethernet, utilizzando lo stesso protocollo; il server remoto altro non è che un normale computer munito di scheda madre, processore, memoria volatile e memoria fisica in cui installare i software di trattamento dati, e opportune schede di interfaccia; da questo server è possibile prelevare i dati per la supervisione locale dell'impianto, mediante un dispositivo di interfaccia uomo – macchina (HMI) direttamente installato nell'edificio di centrale; esso è generalmente costituito da un monitor touch-screen che consente di visualizzare il sinottico dell'impianto, analisi di grafici temporali delle maggiori grandezze di interesse, vedere gli stati di ogni componente della macchina, aprire le pagine degli allarmi di anomalie o guasti pendenti, ed accedere alle pagine di settaggio dell'automazione e dei parametri di livello della vasca di carico o dei serbatoi a monte, accessibile mediante l'inserimento di username e password. Localmente non è previsto un database dei dati di impianto, che vengono complessivamente archiviati nella sede centrale. L'invio dei dati alla sede centrale del telecontrollo avviene attraverso un collegamento internet, interfacciato da un router^[G], che svolge sia la funzione di instradamento dei vari pacchetti al livello di rete, sia la funzione di controllo di accesso dei pacchetti di ingresso all'impianto, contenenti o richieste di dati, o comandi all'impianto stesso. Il server remoto è generalmente individuato da un indirizzo IP^[G] statico, in modo tale da essere individuato in maniera univoca.

4.2.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale

La sede centrale ha il compito di raccogliere tutti i pacchetti di dati in arrivo dai vari impianti distribuiti sul territorio; questo compito viene svolto da un server, interconnesso a internet mediante un dispositivo router o firewall^[G], che consente di intercettare i messaggi in ingresso, in arrivo su un'apposita porta TCP aperta; il server è un computer in grado di analizzare ed elaborare i dati in arrivo dalle stazioni remote di telecontrollo, in modo da renderli poi utilizzabili per la supervisione, che può avvenire sia in postazioni Client connesse alla stessa rete interna LAN, sia in postazioni direttamente connesse al web da un qualsiasi punto, con opportuni software di interfaccia che sono direttamente installati all'interno del server stesso; tali applicazioni vengono descritte nei paragrafi successivi; il server, quindi, possiede al suo interno un database che colleziona ogni informazione raccolta; oltre a questo, è presente un secondo database, in cui i dati vengono stoccati dal server: questi dati comprendono solo le informazioni utili per la supervisione e il controllo specifica per ogni impianto, e sono organizzati in modo tale da avere un accesso alla consultazione più rapido e mirato da parte delle postazioni Client; la divisione dei database viene fatta principalmente per due motivi:

- *Alleggerimento delle competenze server*: le richieste delle postazioni Client vengono inviate al server, ma vengono successivamente inoltrate al database secondario, in modo da ridurre il numero di processi che contemporaneamente vengono svolti dal server stesso; il sistema di accesso viene descritto nel paragrafo 4.3.2.
- *Backup dati*: in questo modo sono disponibili due archivi dove stoccare le informazioni provenienti dagli impianti idroelettrici; questo è molto utile ai fini della sicurezza, in quanto un guasto hardware o software in uno dei due dispositivi non comporta la perdita dei dati del sistema; va aggiunto che molte volte esistono almeno due server, uno definito “master” che opera nelle normali condizioni di

funzionamento, uno invece detto “slave”, pronto ad entrare in servizio in caso di guasto al server master.

Le postazioni Client, sia LAN che web, possono in un qualsiasi momento interrogare il server per ricevere informazioni relative all’impianto di interesse; queste richieste (query^[G]) vengono gestite dal server, e le informazioni vengono visualizzate sottoforma di dati temporali, grafici, sinottici; il collegamento postazione Client – server – impianto è bidirezionale, in quanto è possibile anche l’invio di comandi di inizializzazione procedure e settaggio dei parametri. La struttura base del telecontrollo web della sede centrale viene di seguito visualizzata:

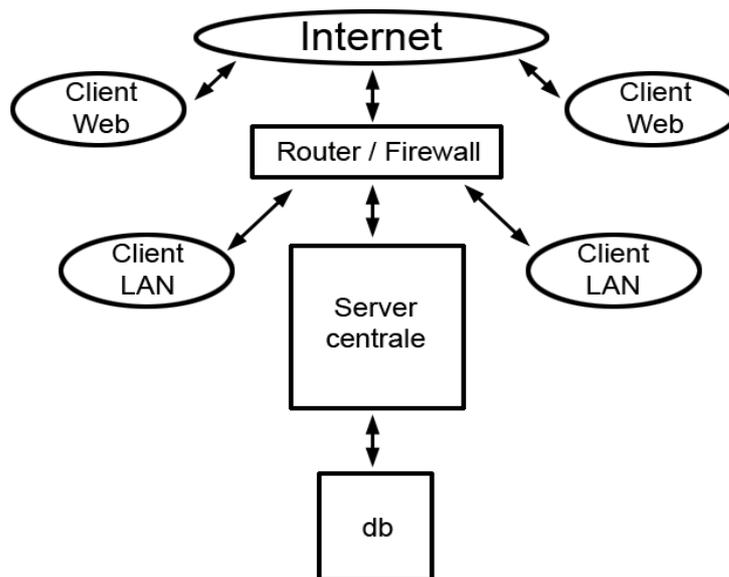


Figura 4.3 – Struttura base del telecontrollo centrale via web

Vi sono altre possibili configurazioni per quanto riguarda la modalità di interfaccia tra server centrale e web, con conseguente variazione anche della connessione alla rete dei Client, queste diverse possibilità o scelte di connessione vengono impiegate per assicurare livelli diversi di sicurezza di accesso al server: come ben risaputo, internet è un mezzo di comunicazione molto soggetto a violazioni di sicurezza, ovvero è possibile che certe persone o hacker possano forzare il sistema ed entrare nel server, aprendo una porta di collegamento sul router o decriptando il protocollo di accesso del router stesso, avendo libera accessibilità ai database, e potendo quindi danneggiarli, o nel caso peggiore, riuscire a decifrare il linguaggio di programmazione ed inviare comandi errati alle macchine. Per questo motivo si possono fare varie scelte di collegamento, con l’impiego di strutture e strumentazione hardware diverse, che vengono di seguito brevemente descritte.

1. In questa prima soluzione le applicazioni web risiedono nel server (control system), il quale viene pubblicato su internet attraverso un router^[G]/firewall^[G], che ne gestisce gli accessi in sicurezza; su quest’ultimo andranno aperte solo le porte dedicate alle applicazioni web; in questo caso il server e le postazioni Client di controllo sono installate sulla stessa rete LAN interna; una violazione alla sicurezza, che riesca a superare il router, può consentire di accedere a qualsiasi dispositivo.

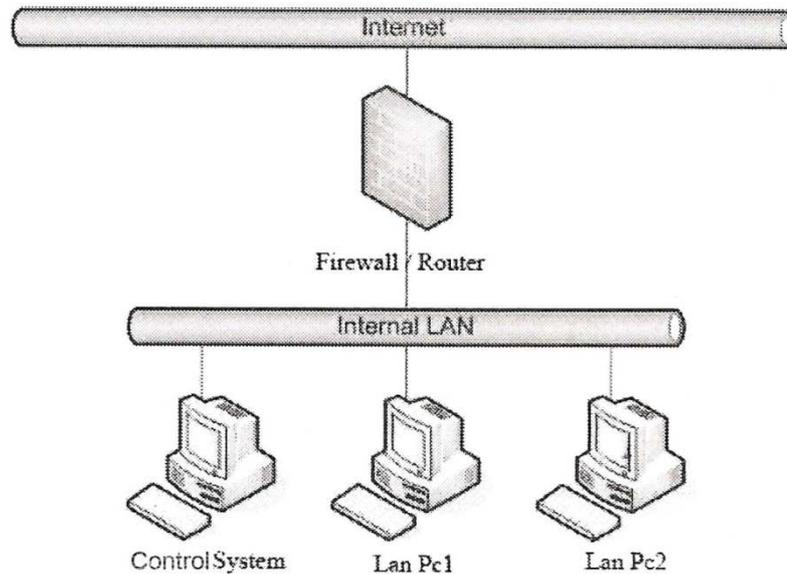


Figura 4.4 – Primo metodo di organizzazione accesso web

2. In questa seconda soluzione il server di telecontrollo è connesso ad una rete separata dalla rete interna LAN aziendale; i terminali Client presenti nella rete interna devono poter comunicare con il server e le applicazioni web in esso installate, quindi vi saranno alcune porte TCP aperte che consentono la comunicazione tra le due reti LAN; anche in questo caso il server viene pubblicato sul web mediante un dispositivo router/firewall, che ne gestisce gli accessi in sicurezza; su quest'ultimo andranno aperte solo le porte dedicate alle applicazioni web; in questo caso una violazione alla sicurezza, che riesca a superare il router, può consentire di accedere a qualsiasi dispositivo della rete interna LAN, ma la parte di telecontrollo è salvaguardata.

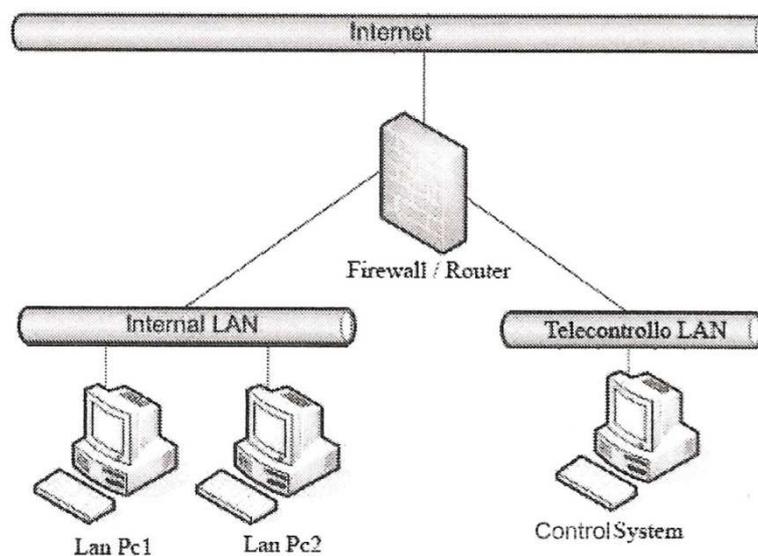


Figura 4.5 – Secondo metodo di organizzazione accesso web

3. La terza soluzione prevede l'impiego di un computer dedicato ai servizi web, che viene servito dal server di telecontrollo; questo computer viene pubblicato su internet mediante l'impiego di un dispositivo router/firewall, che ne gestisce gli accessi in sicurezza; anche in questo caso dovranno essere aperte solo le porte dedicate alle applicazioni web; oltre a questo dovranno essere aperte alcune porte che consentano il collegamento alle postazioni Client interne, per interagire con il database dei dati e fornire informazioni in tempo reale alle postazioni Client Web; una violazione alla sicurezza, che riesca a superare il router, può creare problemi alla postazione computer web, ma non all'intero sistema di telecontrollo, preservandone intatte le funzioni di telecontrollo e archiviazione dati nel database..

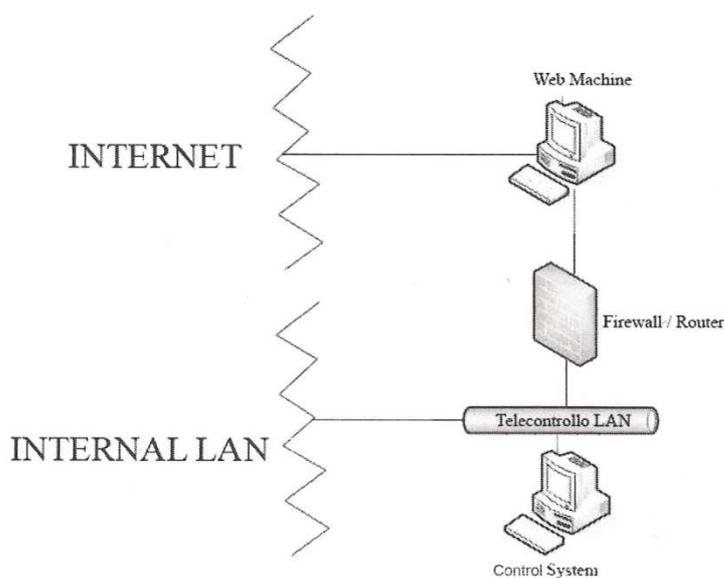
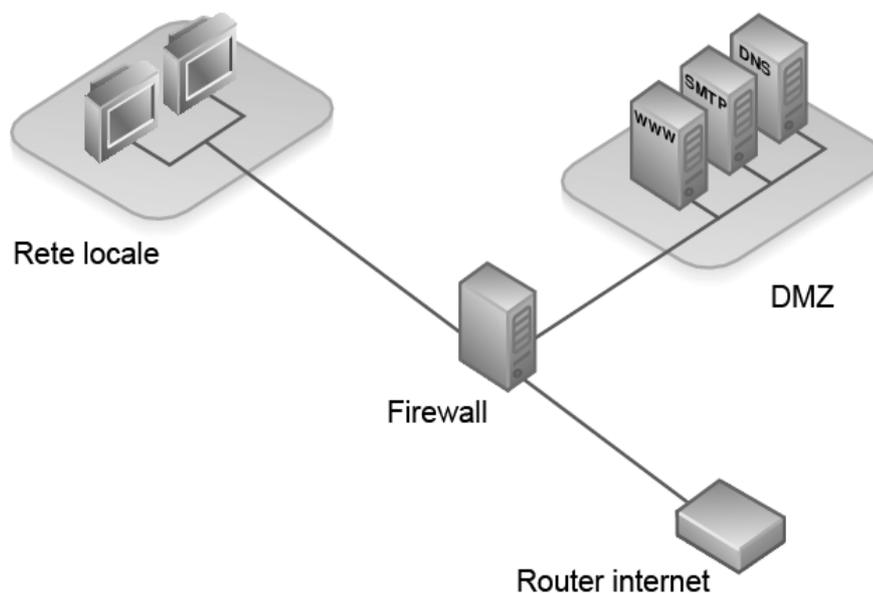


Figura 4.4 – Terzo metodo di organizzazione accesso web

4. Il quarto esempio, qui in seguito rappresentato, è sicuramente il sistema più efficace per lo scambio di dati in ingresso e in uscita tra una rete locale e internet;



- 5.

Figura 4.4 – Quarto metodo di organizzazione accesso web

Consiste nel creare una rete DMZ^[G], che letteralmente significa “demilitarized zone”, in cui vengono filtrate tutte le informazioni che ad essa confluiscono: solo i dati riconosciuti vengono effettivamente lasciati fluire in input/output, altrimenti ogni pacchetto estraneo viene eliminato; è in questa rete DMZ che vengono installati i server di telecontrollo con le relative applicazioni web installate, e il database; la rete DMZ è protetta tramite firewall; i computer della rete locale LAN hanno accesso libero alla DMZ, la quale deve permettere il richiamo delle applicazioni di telecontrollo attraverso l’apertura di opportune porte TCP, e lo scambio dati in direzione DMZ-LAN; in questo modo la rete LAN ha maggiori garanzie di sicurezza nei confronti di possibili attacchi esterni; il traffico in ingresso alla DMZ dovrà essere limitato attraverso il firewall, che dovrà far passare solamente i pacchetti destinati alle porte utilizzate dalle applicazioni web; la sicurezza di questo metodo è ben più efficace dei sistemi precedenti.

4.3. Caratteristiche software del telecontrollo

Vi sono due diverse tipologie di software da dover valutare, ovvero quelli strettamente legati all’acquisizione dati, trattamento degli stessi e d invio alla sede centrale, e la parte invece delle applicazioni web, necessarie per la visualizzazione e l’interfaccia con il database da parte delle applicazioni Client, sia LAN che web.

4.3.1. Caratteristiche software raccolta e archiviazione dati

Ogni impianto idroelettrico, come detto in precedenza, deve essere munito di un server remoto, che si occupi dell’acquisizione dati dal PLC e da un’eventuale scheda di interfaccia. Il server è un normale computer con sistema operativo Windows, quindi per poter leggere e interpretare correttamente i dati contenuti nel PLC è necessario un software di interfaccia, che ne decodifichi in maniera efficace il linguaggio; solitamente si fa uso di un OPC^[G] server, ovvero un software che agisce come un convertitore API (Application Programming Interface) di protocollo; l’OPC server consente la connessione del PLC al computer o a un database, e traduce i dati in un formato standard OPC; ha lo stesso ruolo di interfaccia che ha ad esempio un driver per connettere una stampante ad un computer; in questo modo i dati possono essere trattati e inviati alla sede centrale per essere archiviati, in modo da ottenere tabulati, relativi alle grandezze di interesse, da poter consultare, comprensivi di grafici e sinottici. Oltre a questo, è possibile visualizzare lo stato dell’impianto localmente, attraverso delle interfaccia utente (touch-screen, monitor, display) che sono in sostanza gestiti da OPC Client, ovvero un software in grado di trattare i dati raccolti nel formato standard OPC. I pregi dell’impiego di un tale software sono evidenti: esso permette infatti di concentrarsi sullo sviluppo delle funzionalità degli applicativi di elaborazione e visualizzazione dati, tralasciando la parte di connettività, consentendo anche una maggiore flessibilità nella scelta delle applicazioni stesse. Infatti è possibile scegliere il software in base alle caratteristiche e funzionalità necessarie, senza che questa scelta sia condizionata dal fatto che abbia o meno il corretto supporto driver per interfacciarsi con il dispositivo PLC, visto che a questo ci pensa il sistema OPC.

4.3.2. Modalità di connessione al server centrale per l’utilizzo dei Client

Le postazioni Client LAN possono accedere ai servizi delle applicazioni web direttamente tramite una connessione ethernet al server; l’interfaccia con il database viene svolta da un

software appositamente implementato per visualizzare diagrammi temporali, valori delle grandezze in realtime dell'impianto, sinottici per il comando e il settaggio dell'impianto. Se il server è un computer posizionato in una porzione di rete distinta, come possibile nelle modalità presentate nel paragrafo 4.2.1, esso sarà interfacciato con la rete LAN da un router o firewall, quindi bisognerà provvedere in questi dispositivi all'apertura di apposite porte di comunicazione TCP; per quanto riguarda le postazioni Client Web, invece, ci sono due diverse modalità di approccio: realizzare una connessione internet diretta o virtuale tra server e postazione di supervisione remota, oppure realizzare delle applicazioni web vere e proprie. Queste due possibilità vengono separatamente trattate nei due paragrafi successivi.

4.3.2.1. Connessione internet diretta o virtuale tra server e postazione di supervisione remota

E' possibile utilizzare lo stesso software del Client LAN realizzando una connessione internet diretta tra server e postazione di supervisione remota; devono essere presi accorgimenti più spinti per quanto riguarda la possibilità di accesso, per evitare, come detto in precedenza, che vi siano intrusioni nel sistema da parte di terze persone; le possibili modalità di connessione sono tre:

- rete VPN: una Virtual Private Network è una rete privata instaurata tra soggetti che utilizzano un sistema di trasmissione pubblico e condiviso come ad esempio Internet. Lo scopo delle reti VPN è di fornire le stesse possibilità delle linee private in affitto ad un costo inferiore sfruttando le reti condivise pubbliche; questa rete utilizza un collegamento che necessita di autenticazione per garantire che solo gli utenti autorizzati vi possano accedere; oltre a questo vengono usati sistemi di crittografia per garantire la sicurezza che i dati inviati in internet non vengano intercettati o utilizzati da soggetti non autorizzati. Le reti VPN sicure adottano quindi protocolli che provvedono a cifrare i dati a pacchetto che vengono trasferiti tra postazione Client e server centrale. Oltre alla cifratura, una VPN sicura deve prevedere nei suoi protocolli dei meccanismi che impediscano violazioni della sicurezza, come ad esempio il furto dell'identità digitale o l'alterazione dei messaggi. Il livello di sicurezza di una rete VPN correttamente progettata è comparabile con quello di una rete dedicata. Il collegamento tra postazione remota e server avviene attraverso uno o più firewall, con il settaggio di apposite porte TCP aperte. I dati da trasmettere devono essere autenticati, passando attraverso un servizio di autenticazione interno. Se la rete VPN non viene settata con parametri tali da renderla sicura, può costituire un pericolo per la rete interna LAN e per il server stesso; è una tecnica abbastanza costosa.
- software Citrix: è un software dedicato all'accesso remoto e alla pubblicazione di applicazioni che consente agli utenti Client Web di collegarsi alle applicazioni disponibili sui server centrali. Un vantaggio della pubblicazione di applicazioni usando questo software è la possibilità di connettersi a queste applicazioni da remoto, da casa propria, dagli internet point, da smartphone e da altri dispositivi esterni alla propria rete aziendale. E' un che da la possibilità di vedere all'esterno della rete LAN lo stesso programma privato di supervisione e controllo degli impianti. Questo software permette di visualizzare da remoto una postazione Client LAN, fornendo solo un'interfaccia grafica sulla postazione Client Web, senza la necessità di installare il programma su

questo computer remoto; in sostanza, la postazione Client Web deve essere munita solo di un'applicazione che accede alla struttura Citrix; l'accesso è sicuro, attraverso protocollo HTTPS che Viene utilizzato per garantire trasferimenti riservati di dati nel web, in modo da impedire intercettazioni dei contenuti; è un sistema sicuramente costoso, in cui ogni Client deve avere una propria licenza a pagamento. Possono essere gestiti più Client contemporaneamente.

- struttura Terminal Server: è una struttura analoga al software Citrix: si prevede di utilizzare un computer all'interno della rete LAN che sia però accessibile tramite internet e identificabile tramite un indirizzo IP fisso, che deve essere settato anche all'interno del router o firewall tramite l'apertura di apposite porte TCP per permettere l'indirizzamento corretto dei pacchetti dati dall'esterno; su questo computer vengono aperte varie sessioni contemporaneamente; ogni sessione avrà la possibilità di utilizzare il programma privato di supervisione e controllo degli impianti remoti che si interfaccia con il server centrale; ogni Client web viene quindi associato ad una di queste sessioni aperte; anche in questo caso vi sono dei sistemi di autenticazione per garantire che solo gli utenti autorizzati vi possano accedere, con sistemi di crittografia per garantire la sicurezza.

E' chiaro però che sistemi di questo tipo non sono così elastici da consentire una connessione rapida da una qualsiasi postazione web senza la necessità di settare una certa quantità di parametri per stabilire una connessione, o senza avere una apposita licenza. Per questo motivo sono state sviluppate delle applicazioni web più semplici, che richiedono però un supporto software diverso all'interno del server di centrale; tali applicazioni vengono descritte nel paragrafo successivo.

4.3.2.2. Connessione tramite applicazioni web e relativi requisiti software

Vanno innanzitutto specificati quali devono essere i compiti o le funzionalità delle applicazioni che dovranno essere interpellate via web dalle postazioni Client; in base alla categoria di utente che vuole accedere a queste applicazioni, infatti, serviranno o meno alcuni servizi; ci saranno utenti che accedono solo per la supervisione di dati e la valutazione dello stato in real time dell'impianto, mentre ci saranno persone, come gli addetti al controllo e manutenzione dell'impianto, che dovranno avere, oltre alla supervisione, la possibilità di accedere ai trend storici delle grandezze di interesse, inserire parametri di settaggio e inviare i comandi di inizializzazione procedure di avvio o arresto dell'impianto. Per questo motivo si possono distinguere due tipologie di applicazioni diverse, visionabili da un qualsiasi browser mediante digitalizzazione del relativo indirizzo http^[G]:

- applicazione di Report Manager: usufruibile da vari utenti interessati alla semplice visione dei dati, come enti comunali proprietari dell'impianto, privati, amministratori d'azienda, etc. Risulta molto meno pesante come scambio dati tra Client e server; consente di visionare tabelle, grafici e statistiche con un'interfaccia grafica semplice. E' accessibile mediante l'inserimento di un username e password.
- applicazione Client Web completa: è usufruibile da personale addetto, con un livello di preparazione adeguato per la gestione dell'impianto; l'applicazione è del tutto simile al programma di supervisione e controllo utilizzato nelle postazioni Client LAN; ogni

funzione di supervisione e controllo è disponibile, e vengono visualizzati quindi anche i sinottici degli impianti. E' accessibile anch'essa tramite username e password.

Per gestire queste tipologie di accesso ai dati, sarà necessario realizzare un server centrale (lo stesso che fa acquisizione dati dagli impianti) con un'adeguata struttura software; innanzitutto, il sistema operativo più comunemente impiegato è Microsoft Windows, con una scelta della versione che può variare in base ai desideri e alle preferenze dell'azienda e alla possibilità di interfaccia software e hardware dei componenti. Per rendere usufruibili le applicazioni web, dovranno essere realizzate delle pagine web dedicate, che possano accedere al database secondario, descritto nel paragrafo 4.2.1. Queste pagine web vengono realizzate da un server web, ovvero un servizio che si occupa di fornire, tramite software dedicato e su richiesta dell'utente, file di qualsiasi tipo, tra cui appunto pagine web (successivamente visualizzabili dal browser sul PC dell'utente). Le informazioni inviate dal server web all'utente Client viaggiano in rete trasportate dal protocollo HTTP. Tale software risiede nel server centrale di telecontrollo; i più usati sulla piattaforma windows sono IIS e Apache HTTP Server, che vengono descritti nell'appendice C. Sono questi software server web che mettono a disposizione le pagine web accessibili dalle applicazioni Client, e vengono realizzate in PHP^[G] (acronimo ricorsivo di "PHP: Hypertext Preprocessor", preprocessore di ipertesti), che è un linguaggio di scripting^[G] interpretato, con licenza libera, originariamente concepito per la programmazione Web, richiamabili tramite indirizzo http da qualsiasi browser di comune utilizzo; il linguaggio PHP consente la realizzazione di pagine web dinamiche, il cui contenuto è, in tutto o in parte, generato sul momento dal server e può essere quindi diverso ogni volta che viene richiamata. Questo significa che non si utilizza direttamente il linguaggio HTML^[G], ma che si ricorre al linguaggio PHP che si occupa della creazione della pagina nel momento in cui questa viene visitata. Per svolgere le sue funzionalità, il server web deve poter attingere dal database dati; anche il database dati deve essere organizzato per poter essere utilizzato; questo viene fatto da un sistema per la gestione di basi di dati relazionali (RDBMS), ovvero un software con le seguenti caratteristiche:

- capacità di gestire grandi quantità di dati
- condivisione dei dati fra più utenti e applicazioni
- utilizzo di sistemi di protezione e autorizzazione per l'accesso ai dati stessi

Vi sono vari modelli di database, ma il modello più usato è quello relazionale, che organizza i dati in tabelle in linguaggio SQL^[G] (Structured Query^[G] Language). I pregi di questo modello stanno nella univocità delle registrazioni dati, nella possibilità di interfacciarsi con più applicazioni basate sul linguaggio SQL, sia per realizzare delle viste del database, sia per interrogarlo tramite query. Vi sono anche degli svantaggi, come la necessità di una continua manutenzione per correggere dati corrotti, tabelle o grafici durante il processo continuo di archiviazione, o le elevate dimensioni che può raggiungere, che comportano rallentamenti nello scambio di informazioni. Anche questo viene trattato in maniera più approfondita nell'appendice C. Anche in questo caso esistono vari sistemi freeware di gestione di base di dati; i più utilizzati sono:

- SQL Server: è un DBMS relazionale prodotto da Microsoft. Nelle prime versioni era utilizzato per basi dati medio-piccole, ma a partire dalla versione 2000 è stato utilizzato anche per la gestione di basi dati di grandi dimensioni; usa una variante del linguaggio

SQL standard. Comunica sulla rete utilizzando un protocollo a livello di applicazione chiamato "Tabular Data Stream" (TDS). SQL Server supporta anche "Open Database Connectivity" (ODBC). Il servizio di SQL Server risponde per default sulla porta 1433.

- *MySQL*: è un RDBMS composto da un client con interfaccia a caratteri e un server, entrambi disponibili sia per Linux che per Windows; supporta la maggior parte della sintassi SQL e si prevede in futuro il pieno rispetto dello standard ANSI. Possiede delle interfacce per diversi linguaggi, compreso JAVA^[G].
- *PostgreSQL*: è un completo database relazionale ad oggetti rilasciato con licenza libera. Spesso viene abbreviato come "Postgres", sebbene questo sia un nome vecchio dello stesso progetto; usa il linguaggio SQL per eseguire delle query sui dati. Questi sono conservati come una serie di tabelle che servono a collegare i dati correlati. La programmabilità di PostgreSQL è il suo principale punto di forza.

Da quando appena descritto, si intuisce come il server web e il sistema di gestione database siano tra loro fortemente intrecciati nel realizzare delle pagine web contenenti tutte le informazioni necessarie, che possano essere pubblicate sul web e successivamente interrogate dalle applicazioni di visualizzazione; ritornando ora all'analisi delle applicazioni, va innanzitutto detto che anch'esse, dal punto di vista della programmazione, si basano su un'architettura tipo PHP^[G] e sfruttano una piattaforma JAVA per la loro implementazione; JAVA infatti è un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti, che per poter essere interpretato ha bisogno del software applicativo JAVA (Java Virtual Machine). Le applicazioni sopra citate vengono fisicamente installate o nel server centrale o nel computer del sistema centrale di controllo che viene dedicato al web, in funzione del modello di rete che viene adottato, tra quelli presentati al paragrafo 4.2.; saranno i dispositivi router o firewall ad indirizzare le richieste di utilizzo delle applicazioni al computer dedicato, attraverso l'apertura di un'apposita porta TCP, che per le connessioni internet viene di default identificata come porta 80. Quindi, una postazione Client Web dovrà essere soltanto munita di browser per l'accesso a internet e software applicativo JAVA per poter accedere alle applicazioni web in questione; tale software può direttamente essere scaricato e aggiornato da internet, in quanto è freeware.

4.4. Considerazioni sulle applicazioni web

Vengono di seguito elencate alcune particolari considerazioni relative alle applicazioni web sopra descritte e al relativo metodo per la loro implementazione.

- Le applicazioni non elaborano dati, ma li estrapolano soltanto dal database; le elaborazioni vengono svolte dal server centrale, prima dell'archiviazione degli stessi;
- L'applicazione Report Manager, data la sua unica funzione di visualizzazione, preleva dal database dei valori che non corrispondono a dati istantanei, ma rappresentano delle medie calcolate in intervalli di tempo stabiliti, come ad esempio in un quarto d'ora; questo per ridurre i tempi di estrazione di dati dal database;
- L'applicazione Client Web ha solo un limite fisico, che riguarda la qualità della connessione della postazione Client remota a internet: possono essere impiegate connessioni GPRS che hanno caratteristiche di traffico dati limitate rispetto ad una connessione ADSL;

- L'aspetto sicuramente più delicato di queste applicazioni riguarda la possibilità di inviare dei comandi: il pericolo risiede nella probabilità che i pacchetti vengano intercettati e identificati: nonostante essi siano criptati, e quindi necessitino di apposite chiavi per la decriptazione, se qualcuno fosse in grado di interpretarli, avrebbe libero accesso al comando e regolazione degli impianti, è necessario studiare e realizzare algoritmi di codifica sempre più spinti e sicuri, con più controlli incrociati, che rendano difficile la loro identificazione.
- L'aspetto più critico di questo metodo sta nell'affinamento dell'interfaccia tra software e tra software-hardware; oltre a questo, un altro aspetto delicato riguarda il settaggio delle porte aperte dei dispositivi router/firewall, con la conseguente possibilità di comunicazione tra i diversi componenti.

CAPITOLO 5

Telecontrollo con tecnologia GSM/GPRS

5.1. Descrizione del metodo

Utilizzando questa tecnologia, ogni impianto idroelettrico deve essere munito di un modem telefonico GSM; la trasmissione dati e comandi, infatti, si basa sull'impiego della tecnologia GSM; il modem deve ricevere in ingresso dati in formato digitale, quindi le diverse tipologie di informazioni provenienti sia dalla morsettiera del quadro di comando, sia dal PLC mediante apposita interfaccia, devono essere opportunamente rielaborate; a questo punto, vi sono due possibilità di comunicazione tramite impianto remoto e centro di controllo:

- *via SMS*: la trasmissione dati, l'invio di allarmi o notifiche, l'invio dei comandi, le richieste di aggiornamenti vengono fatte tra due terminali GSM, uno installato nell'impianto e uno nel centro di controllo, mediante l'invio di sms, che vengono decodificati dal sistema di acquisizione e dalla centralina di telecontrollo remoto;
- *via GPRS*: il terminale GSM dell'impianto instaura una connessione a internet, i dati vengono inviati tramite web alla postazione centrale di telecontrollo;

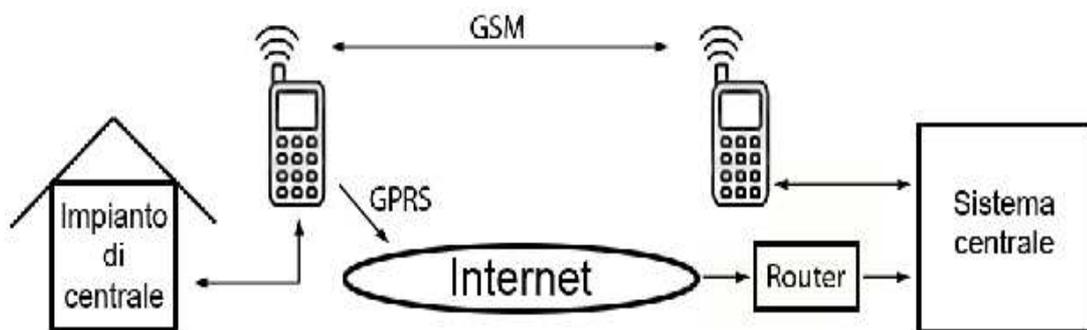


Figura 5.1 – Telecontrollo con tecnologia GSM/GPRS

Questa tipologia di telecontrollo è sicuramente meno performante, in quanto è chiaro che non vi sarà una connessione continua tra impianto e centro di supervisione e controllo; il concetto di controllo di questo sistema è diverso dai modelli real time affrontati in precedenza: in questo caso l'aggiornamento dei dati del processo di produzione viene fatto a intervalli successivi (ad esempio una trasmissione ogni 15 minuti), comunicando in tempo reale solo gli eventuali allarmi di guasto o anomalie che si presentano; è possibile avere anche dati intermedi, ma solo inviando una specifica richiesta di aggiornamento; i comandi, invece, vengono anch'essi inviati tramite sms, e vanno a comandare lo stato di alcuni relè installati nella centralina di telecontrollo.

5.2. Descrizione della tecnologia GSM/GPRS

La tecnologia GSM, letteralmente Global System for Mobile Communications (in principio la sigla significava Groupe spécial mobile), è attualmente lo standard di telefonia mobile più diffuso. Le frequenze usate dalla rete GSM europea sono 900/1800 MHz. La tecnologia alla base del GSM è significativamente diversa dalle precedenti (TACS), soprattutto per il fatto che sia il canale di identificazione che quello di conversazione supportano una comunicazione digitale. Per questo motivo il nuovo standard è stato lanciato sul mercato come sistema di telefonia mobile di seconda generazione (o più sinteticamente 2G). Il GSM è uno standard aperto, ovvero disponibile pubblicamente con diversi diritti ad esso associati, e con diverse proprietà con cui è stato progettato; un punto di forza del sistema GSM è la possibilità di accedere a una serie di servizi, a costi contenuti, come ad esempio lo scambio di messaggi testuali (SMS). Lo standard GSM è in costante evoluzione; i successivi sviluppi del GSM sono stati:

- *il GPRS (2.5G)*: ha introdotto la commutazione di pacchetto (una tecnica di accesso multiplo a ripartizione nel tempo, utilizzata per condividere informazioni su un canale di comunicazione tra più stazioni in modo non deterministico) e la possibilità di accesso ad Internet; è una tecnologia a media velocità, che per collegarsi a Internet usa i canali TDMA^[G] della rete GSM. Si tratta quindi di un'evoluzione, o servizio aggiuntivo, per il sistema GSM, ottenuto per mezzo di alcune modifiche hardware e software al sistema, tanto che si parla di GSM/GPRS, conservando la classica commutazione di circuito (detta anche multiplexazione deterministica, ovvero quando una frazione fissa della capacità trasmissiva totale di un'antenna è stabilmente allocata a ciascun canale tributario in ingresso, facendo sì che un utilizzatore abbia a disposizione un canale trasmissivo dedicato) propria del GSM per il traffico vocale e tutti gli altri servizi. Normalmente il costo delle comunicazioni GPRS viene calcolato in base ai kilobyte ritrasmessi, mentre nelle reti commutate il costo è in funzione del tempo di connessione, questo perché, in quest'ultimo tipo di rete, l'intera larghezza di banda disponibile è occupata anche quando nessun dato è in corso di trasferimento. Il massimo limite teorico per la velocità della tecnologia GPRS è di 171,2 kbit/s, ma un valore più realistico si attesta intorno a 30-70 kbit/s. La velocità dipende dal modello di terminale usato, dal numero di utenti collegati per cella (intesa come elemento unitario di una rete radio cellulare usata per la telefonia mobile) tra i quali è frazionata la banda che, a sua volta, è funzione della densità di terminali impiegati nel luogo e della fascia oraria (statisticamente un picco di collegamenti si registra tra le 19.00 e le 21.00), e dalla distanza fra il terminale e l'antenna più vicina.
- *l'EDGE (2.75G)*: acronimo di Enhanced Data rates for GSM Evolution, è un'evoluzione dello standard GPRS per il trasferimento dati sulla rete cellulare GSM, che consente maggiori velocità di trasferimento dei dati, comprese fra 20 e 200 kbit/s, cinque volte superiore al GPRS. L'aumento di velocità è stato ottenuto introducendo una nuova modulazione; è tuttavia indispensabile che il terminale sia di tipo EDGE/GPRS;
- *l'UMTS (3G)*: letteralmente Universal Mobile Telecommunications System, è la tecnologia di telefonia mobile di terza generazione, che può ritenersi successore del GSM; il sistema UMTS supporta un tasso di trasferimento massimo teorico di 21 Mbit/s, sebbene gli utenti delle attuali reti hanno a disposizione un transfer rate fino 384

kbit/s; le applicazioni tipiche attualmente implementate, usate ad esempio dalle reti UMTS in Italia, sono tre: voce, videoconferenza e trasmissione dati a pacchetto. Ad ognuno di questi tre servizi è assegnato uno specifico tasso di trasferimento, per la voce 12,2 kbit/s, 64 kbit/s per la videoconferenza e 384 kbit/s per trasmissioni di tipo dati (con accesso al web). In ogni caso questi valori sono decisamente superiori ai 14,4 kbit/s di un singolo canale GSM con correzione di errore; l'UMTS è quindi in grado di consentire per la prima volta l'accesso, a costi contenuti, di dispositivi mobili al World Wide Web di Internet. Le bande di frequenza originariamente previste per lo standard UMTS sono 1885-2025 MHz e 2110-2200 MHz. Ha richiesto sostanziali modifiche agli apparati della rete GSM.

Uno dei componenti essenziali del sistema GSM è la cosiddetta SIM card, acronimo di Subscriber Identity Module; nella SIM card sono memorizzati i dati descrittivi del proprietario e il numero di telefono, che ha la funzione principale di fornire autenticazione ed autorizzazione all'utilizzo della rete; ogni centralina di telecontrollo presente negli impianti idroelettrici è munita di una propria SIM identificativa, che viene inserita nel modem GSM.

5.2.1. Impiego degli SMS nel telecontrollo

Prima di descrivere come l'SMS viene utilizzato, è utile definire cosa sia un SMS: il termine SMS (acronimo dell'inglese Short message service) è comunemente usato per indicare un breve messaggio di testo inviato da un telefono cellulare ad un altro. Il servizio è stato originariamente sviluppato sulla rete GSM, tuttavia è ora disponibile anche sulle altre reti, come la UMTS. È possibile inviare SMS ad un telefono cellulare anche da un computer, tramite Internet; lo standard prevede due diverse tipologie di messaggi: quelli Point-to-Point (SMS/PP), impiegati nella comunicazione da un terminale ad un altro, e quelli tipo Cell Broadcast (SMS/CB), originati in una cella e distribuiti a tutti i terminali sotto la sua copertura; i messaggi Point-to-Point sono i messaggi che un utente può inviare ad un altro utente della rete mobile. Ogni messaggio viene inviato ad un Centro Servizi (SMSC, Short Messages Services Centre) che a sua volta si preoccupa di inviarlo al terminale opportuno, se nella stessa rete GSM, oppure al Centro Servizi dell'operatore della rete del destinatario. Pertanto il singolo messaggio viene, in realtà, diviso in due: il messaggio dal terminale al Centro Servizi (SMS-MO, Mobile Originated), e dal Centro Servizi al destinatario (SMS-MT, Mobile Terminated). Scopo del SMSC è, ovviamente, quello di fare lo store-and-forward dei messaggi, anche in previsione di un'eventuale irraggiungibilità momentanea del destinatario. Il messaggio ha una dimensione fissa di 140 byte, che si traduce in pratica nella possibilità di usare 160 caratteri di testo. Dal punto di vista dei contenuti inviabili, a volte i telefoni cellulari permettono l'invio di messaggi concatenati di dimensioni superiori ai classici 160 caratteri, in realtà formati da più SMS spediti indipendentemente e ricomposti alla ricezione: il numero di caratteri disponibili però non raddoppia, perché alcuni byte vengono impiegati per le informazioni necessarie alla concatenazione; in pratica il numero di caratteri utili per messaggio viene ridotto a 306 rispetto ai 320 che si hanno a disposizione con due messaggi separati. Questo significa che nel momento in cui la centralina di telecontrollo remoto raccoglie e codifica i dati da inviare al sistema di telecontrollo centrale, ha a disposizione uno spazio limitato in termini di byte; è necessario quindi affinare il sistema di codifica, affinché con una dimensione fissa del messaggio SMS sia possibile inviare il maggior numero di informazioni possibili; questo può essere negativo dal punto di vista della sicurezza, perché il codice di codifica non può essere estremamente

complesso, per non occupare troppi byte che possono essere destinati all' invio di informazioni utili. Vale lo stesso per gli SMS di comando inviati dal sistema centrale agli impianti remoti. E' quindi evidente che il sistema di acquisizione dovrà essere ottimizzato, con la scelta delle grandezze di maggiore interesse dell'impianto che devono essere trasmesse. Oltre a questo, devono essere memorizzati all'interno del server di controllo centrale tutti gli SMS standard di notifica di allarmi o anomalie di ogni impianto, che devono essere inviati al personale addetto nel momento in cui si verifica il guasto; per una supervisione remota e istantanea dello stato dell'impianto di produzione, devono essere realizzati dei modelli di messaggi standard che vadano a interrogare la centralina di telecontrollo remoto, rilevando i valori delle grandezze di interesse.

5.2.2. Commutazione di pacchetto per la trasmissione internet GPRS

Attraverso una connessione di questo tipo è possibile inviare una quantità maggiore di informazioni dall'impianto remoto al sistema centrale, con una tariffazione che dipende proprio dal volume di dati inviati; la commutazione di pacchetto è una tecnica di accesso multiplo a ripartizione nel tempo, utilizzata per condividere un canale di comunicazione tra più stazioni in modo non deterministico. Si distingue dalla commutazione di circuito, che è tipicamente usata nelle comunicazioni telefoniche. Tali tecniche non comportano l'attivazione di una linea di comunicazione dedicata (fissa) fra un elemento ed un altro, ma consentono lo svolgimento simultaneo di più comunicazioni fra mittente e destinatario massimizzando così l'utilizzazione dei mezzi trasmissivi impiegati. In una rete a commutazione di pacchetto (PBN, *Packet Based Network*) l'informazione da trasmettere viene suddivisa in pacchetti di dimensione abbastanza piccola; ad ognuno di essi viene aggiunta un' intestazione (header) che contiene tutta l'informazione necessaria affinché il pacchetto possa essere inoltrato fino alla sua destinazione finale, ovvero l'indirizzo del destinatario, la sua posizione (numero di pacchetto) all'interno del flusso dell'informazione che viene trasferito. I pacchetti vengono inviati individualmente attraverso la rete e vengono poi riassemblati, grazie al numero di pacchetto, nell'ordine originale quando arrivano sul terminale del destinatario. L'intera capacità trasmissiva disponibile viene impegnata per la trasmissione di ciascun pacchetto. Se vi sono più pacchetti da trasmettere contemporaneamente, questi vengono memorizzati in una coda. Ogni pacchetto che attraversa una rete subisce un ritardo, legato in parte alle caratteristiche del percorso ed in parte allo stato di carico della rete. Le componenti del ritardo sono:

- ritardo di elaborazione: il tempo necessario a ciascun commutatore per processare il pacchetto. Se un commutatore agisce a diversi livelli, ciascun livello aggiungerà una sua componente di ritardo. Comprende l'analisi dell' intestazione del pacchetto e la determinazione del relativo instradamento, oltre al controllo degli errori a livello di bit nel pacchetto, tipicamente attraverso uno o più algoritmi di checksum;
- ritardo di trasmissione: il tempo necessario per trasmettere il pacchetto alla velocità della linea di trasmissione. E' dato dal rapporto tra lunghezza del pacchetto e velocità della linea; con la tecnica store and forward, che prevede di ricevere tutto il pacchetto, elaborarlo, e poi accodarlo per la ritrasmissione, vi sono più ritardi, da dover sommare ad ogni ritrasmissione.
- ritardo di propagazione: il tempo necessario al segnale fisico per propagarsi lungo una linea di trasmissione; dipende dalla natura del mezzo impiegato.

- *ritardo di coda*: (*queuing delay*), dovuto al fatto che i pacchetti in uscita non sempre vengono trasmessi immediatamente. Infatti la linea in uscita può essere occupata da altri pacchetti in corso di trasmissione. In questo caso, il pacchetto viene salvato in una memoria temporanea del commutatore detta coda, per venir trasmesso appena possibile. Il tempo atteso dal pacchetto nella coda è appunto detto ritardo di coda.

In ogni caso, visto che con questa tecnologia è impossibile svolgere un telecontrollo real time dell'impianto, il ritardo di trasmissione del pacchetto non è da ritenersi un problema di primaria importanza.

5.3. Principali componenti hardware della tecnologia GSM/GPRS

Anche in questo caso si può fare la distinzione tra impianto remoto e sede centrale: in un sistema di telecontrollo di questo tipo avremo delle apparecchiature installate direttamente nell'edificio di centrale e altre installate invece nel centro di controllo.

5.3.1. Principali componenti hardware del telecontrollo remoto

La struttura del sistema di telecontrollo nell'edificio di centrale può essere rappresentata come segue, in figura 5.2; la struttura è simile a quella adottata per l'impianto VHF; sia il PLC che la centralina di telecontrollo (TLC) prelevano dall'impianto i segnali di interesse e sono tra di loro comunicanti tramite porta seriale: il TLC preleva i segnali di stato dal PLC, e altre grandezze di interesse direttamente dall'impianto, in quanto non sono presenti nei segnali d'ingresso del PLC (ad esempio potenza generata, fattore di potenza, sensore presenza operatore, temperatura ambiente, etc); la centralina di telecontrollo invia i propri segnali attraverso il modem GSM;

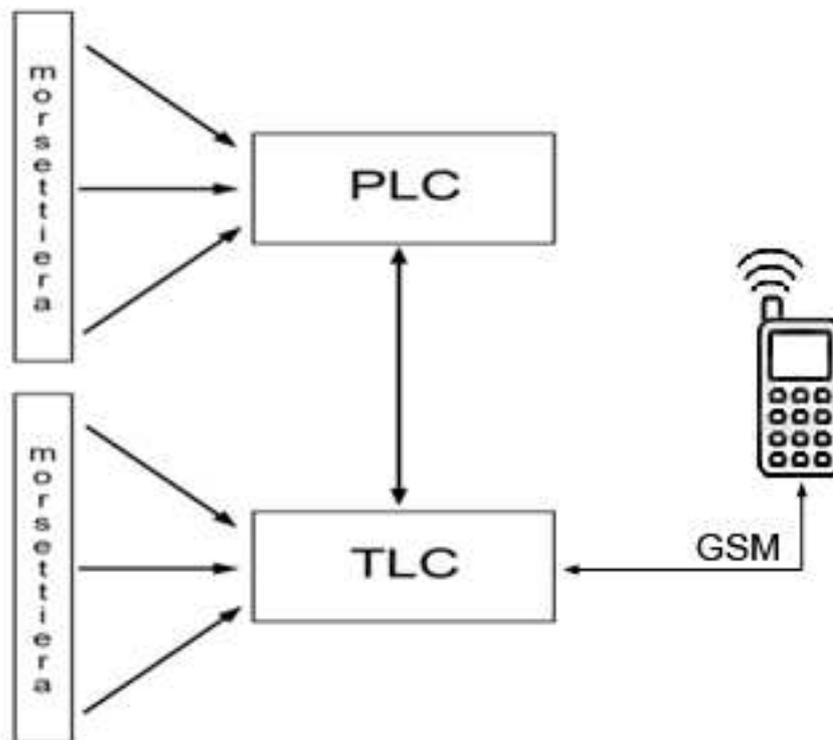


Figura 5.2 – Struttura del telecontrollo remoto

Ogni impianto idroelettrico è munito di un quadro dedicato per le apparecchiature di telecontrollo; tale unità periferica è composta da una scheda CPU connessa ad una struttura di input/output integrata su di un circuito stampato costituente la scheda madre; la sezione di acquisizione e controllo prevede ingressi analogici, digitali, ingressi a contatore d'impulso, uscite a relè e interfacce seriali con porte RS232 e RS485, che possono essere impiegate per collegarsi direttamente con il PLC; tutta la parte di acquisizione è espandibile per poter gestire un numero maggiore di eventuali ingressi; questa centralina ha un alimentatore proprio in grado di fornire tensione e corrente necessarie al funzionamento continuo dell'elettronica di bordo; in condizioni di normale funzionamento viene anche caricata una batteria tampone, installata anch'essa nello stesso quadro, destinata ad alimentare il tutto nel caso di mancanza della tensione di rete, per evitare di perdere il segnale di telecontrollo. La centralina invia i suoi dati al centro di controllo e riceve i comandi dallo stesso tramite un modem Dual band GSM/GPRS integrato sulla scheda madre; in esso viene alloggiata una carta SIM di un operatore telefonico, che specifica così il numero telefonico di riferimento per quell'impianto. Generalmente non vi sono problemi di copertura della rete da parte degli operatori telefonici, quindi non è necessario realizzare dei ponti dedicati tra impianto e sede centrale di controllo; vi sono già diffusi sul territorio vari punti di ricezione e ripetizione del segnale, che impiegano la tecnica dello Store and Forward per trasmettere gli SMS. Nel caso non vi fosse copertura, generalmente tra operatori diversi è attiva la funzione di roaming, che consente l'appoggio sulla copertura di rete di un altro operatore. Come detto in precedenza, però, con questa tipologia di telecontrollo non è possibile avere un'acquisizione dati da remoto in modo continuo, principalmente per un problema di tariffazione, che è funzione del numero di kB scambiati; per poter quindi archiviare ogni evoluzione delle grandezze di interesse dell'impianto, è possibile integrare questo sistema installando nell'edificio di centrale un server con database integrato, da interfacciare al PLC tramite porta seriale; in questo modo non si ha la perdita di nessun dato, ma per la possibile consultazione è necessario recarsi nell'edificio di centrale. Va poi ricordato che questi piccoli impianti di produzione regolano la potenza generata in base al livello del serbatoio a monte o della vasca di carico: anche la trasmissione di questo segnale può essere fatta tramite GSM, con l'invio di un SMS predefinito contenente il valore di livello; vi sarà quindi una piccola centralina installata a monte, nel punto di carico, alimentata magari tramite batterie tampone e pannello fotovoltaico, collegata ad un galleggiante, con il compito di inviare un SMS ogni qualvolta il livello salga o scenda rispettivamente sopra o sotto a due livelli precedentemente impostati, che stabiliscono il range di livello entro cui non vi sono variazioni della produzione. Se il livello supera tali limiti, l'invio dell'SMS comporta una variazione ad impulso su un'uscita a relè della centralina di telecontrollo, che comanda uno step di apertura o chiusura delle spine;

5.3.2. Principali componenti hardware del telecontrollo centrale

Il cuore del sistema centrale di telecontrollo è ancora una volta un server, che rappresenta il nodo centrale di scambio informazioni di ogni componente: esso infatti è connesso a un modem GSM (a volte anche due, per ridondanza di sicurezza), sia per ricevere gli SMS in arrivo dagli impianti di produzione, sia per inviare loro dei comandi o delle richieste, e a un router per interfacciarsi con la rete interna e con internet, che rappresenta l'altro canale di comunicazione possibile tra impianto e sede centrale; Il server poi elabora ed archivia i dati in un database relazionale, in modo che siano facilmente interpellabili; al router sono connesse anche le postazioni Client della LAN interna della sede di telecontrollo, che tramite interrogazione al

server, hanno accesso ai dati archiviati; quest'ultimi vengono visualizzati tramite un'apposita interfaccia grafica, che consente di visualizzare l'andamento temporale delle grandezze, lo stato dei componenti dei regolazione ed eventuali anomalie; da remoto sono possibili comandi di avvio o arresto dell'impianto, ottenuti comandando lo stato di alcuni relè posti nella centralina di telecontrollo dell'impianto di centrale, in base alla ricezione di appositi SMS. Non è possibile in questo caso inviare SMS contenenti parametri per il set point dell'impianto. La tipica struttura del sistema viene di seguito rappresentata:

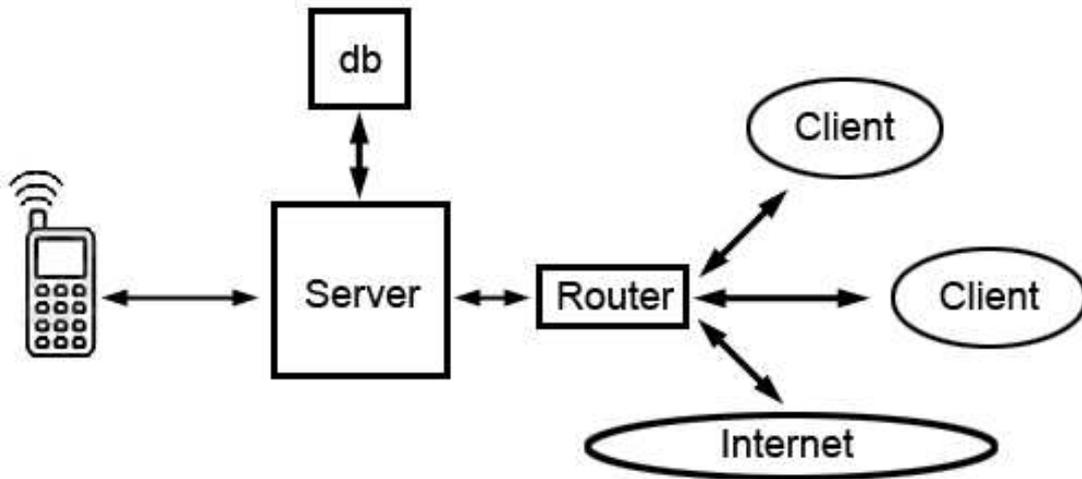


Figura 5.3 – Struttura del telecontrollo centrale

5.4. Caratteristiche software del telecontrollo e modalità di gestione

Anche in questo caso si può fare la differenziazione tra le caratteristiche del sistema di controllo remoto e quello del sistema centrale.

5.4.1. Caratteristiche software del telecontrollo remoto

Per quanto riguarda l'impianto di telecontrollo installato nell'impianto di produzione, il primo aspetto da evidenziare è l'interfacciabilità sia tra PLC e centralina di telecontrollo, sia tra PLC e l'eventuale server remoto; il PLC infatti dovrà essere munito di una scheda di espansione con due porte seriali (del tipo RS485), oppure di due schede aventi ognuna una porta, per connettersi ai due dispositivi distinti; l'interfaccia tra PLC e telecontrollo deve permettere al telecontrollo stesso di leggere lo stato dei dispositivi di regolazione della potenza, in modo da poter elaborare queste informazioni e inviarle al centro di controllo e supervisione; una volta ottenuti i dati, provenienti anche da una morsettiera dedicata come precedentemente descritto nel paragrafo 5.3.1., devono essere convertiti in formato digitale, per essere trasmessi tramite modem GSM; se la trasmissione avviene tramite SMS, sarà necessario impostare il numero di telefono della scheda SIM destinataria del sistema centrale; oltre a questo dovranno essere realizzati dei modelli di SMS che contengano tutte le informazioni necessarie, con una struttura che deve poi essere riconosciuta dal sistema centrale, in modo che dopo la decodifica dell'SMS vi sia la giusta corrispondenza tra valore e grandezza considerata; se la trasmissione avviene tramite GPRS, dovranno essere settati i parametri per la connessione a internet, e il valore dell'indirizzo IP del server del sistema di acquisizione centrale, in modo che i dati arrivino al destinatario

corretto; per quanto riguarda l'eventuale server remoto, invece, vi sarà installato un software per l'interfaccia con PLC, analogo all'OPC Server descritto nel paragrafo 4.3.1., in modo che il server sia in grado di interpretare il linguaggio del PLC; in funzione dell'entità dei dati che si vogliono raccogliere, può essere installata nell'impianto anche una scheda di acquisizione segnali (con ingressi sia analogici che digitali, collegabili direttamente sulla morsettiera di input del telecontrollo, rappresentata in figura 5.2), che comunica con il server stesso mediante porta seriale; è chiaro che i dati raccolti dovranno poi essere organizzati in un database, accessibile attraverso il server tramite un dispositivo di interfaccia operatore – macchina (ad esempio touch-screen), e interpellati da un software che ne permetta la visualizzazione temporale, la realizzazione di grafici e d eventualmente una rappresentazione su sinottico. Si capisce che con questa tecnologia si può avere un completo controllo in dettaglio dell'impianto solo a livello locale. Va ricordato che tramite SMS vengono inviati anche i messaggi di allarme o anomalia che si possono presentare: questi messaggi possono essere memorizzati all'interno della centralina di telecontrollo, sottoforma di modelli standard; nel momento in cui vi è un allarme, può variare lo stato di un ingresso digitale, a cui corrisponde l'invio di un particolare SMS; l'SMS può essere inoltrato sia al server centrale, sia a un operatore addetto alla manutenzione, in possesso di un telefono GSM dedicato, con due diversi linguaggi di interpretazione.

5.4.2. Caratteristiche software del telecontrollo del sistema centrale

Ogni software di acquisizione, elaborazione e gestione dei dati risiede nel server del sistema di supervisione centrale; in questo computer deve essere installato un software che sia in grado di raccogliere le informazioni in ingresso, associare i valori alle corrispondenti grandezze, ed inviarle al database per essere archiviate (il database può essere del tipo relazionale, come descritto nell'Appendice C); come detto in precedenza, le informazioni possono essere ricevute via GSM o via internet; in questo caso il server deve essere identificato da un indirizzo IP statico di riferimento per ogni modem GSM/GPRS degli impianti; sarà necessario anche stabilire una porta di connessione TCP sempre aperta per questo tipo di informazioni in ingresso; il router deve essere in grado di valutare i pacchetti, e sarà ad esso associato un firewall per l'identificazione di pacchetti estranei; al router si connettono anche le postazioni Client della LAN interna dell'azienda, che possono così interagire tramite autenticazione con il server centrale; nelle postazioni Client sarà installato un software in grado di visualizzare i dati delle singole acquisizioni effettuate in intervalli di tempo prestabiliti (ad esempio ogni 15 minuti), realizzare grafici con gli andamenti temporali delle grandezze, interpolati tra le varie acquisizioni, visualizzare gli eventuali allarmi presenti e consentire l'invio dei comandi di inializzazione delle procedure di avvio o arresto di un impianto, o di aggiornamento dei dati, tramite SMS; questo SMS andrà a comandare lo stato di un relè in uscita della centralina di telecontrollo nell'impianto di produzione remoto; anche in questo caso, quindi, devono essere registrati dei modelli di SMS standard, identificativi per ogni operazione e per ogni impianto; oltre a questo, certi sistemi di telecontrollo via GSM consentono agli operatori di impianto di interrogare il server centrale tramite l'invio di un SMS contenente il codice della grandezza di interesse che si vuole valutare; il server centrale provvede ad aggiornare i dati dell'impianto, e ad inviare successivamente all'operatore un SMS contenente il dato richiesto; è un'operazione che si può ritenere lenta e scarsa (in quanto visualizza un parametro alla volta), ma può comunque essere utile in situazioni particolari di manutenzione.

CAPITOLO 6

Confronto tra i metodi analizzati e riflessioni conclusive

Dall'analisi svolta sulle diverse tipologie di telecontrollo presentate, sono emersi alcuni spunti di riflessione; ogni sistema di telecontrollo ha degli aspetti positivi e negativi che devono essere valutati in base alle scelte e alle necessità che devono essere adottate; i parametri di confronto utilizzati sono quelli esposti nel paragrafo 2.4.1.; vengono di seguito riportati i risultati per ogni singolo metodo in questione.

6.1. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia radio VHF

Come detto in precedenza, i parametri di confronto impiegati sono i requisiti elencati nel paragrafo 2.4.1. ; nel caso del telecontrollo radio VHF sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Velocità: probabilmente questo rappresenta un aspetto cruciale per tale tipo di comunicazione; da un punto di vista fisico, per realizzare un collegamento radio tra un impianto e una sede centrale di comando è necessario superare vari ostacoli naturali che si presentano in un territorio di tipo montano; per sfruttare siti idrogeologici generalmente situati in valli concave e profonde, non è sempre così semplice garantire una copertura radio sufficiente a mantenere un livello del segnale adeguatamente elevato alla trasmissione di pacchetti di dati di una certa qualità; un primo problema riguarda sicuramente la realizzazione di ponti radio, necessari per sopperire all'attenuazione e alla dispersione del segnale che spesso si presentano; oltretutto per superare gli ostacoli (ad esempio cime di montagne) non è detto che si possa scegliere il percorso che in linea d'aria rappresenterebbe la strada più corta e quindi più veloce; più ponti radio devono essere realizzati, più il percorso diventa lungo, e quindi più la ricezione e trasmissione del segnale vengono rallentate; oltretutto generalmente un segnale di questo tipo non consente la trasmissione di grosse quantità di pacchetti, o pacchetti dati con dimensioni elevate; per fare un esempio, un valore di riferimento di velocità di questo sistema è 1200 Baud^[G], ovvero 1200 bit al secondo, che sicuramente in raffronto alle moderne tecnologie ADSL rappresentano un valore irrisorio; va inoltre considerato che i ponti radio non gestiscono un impianto alla volta, ma ad essi confluiscono generalmente le informazioni di più impianti, con conseguente saturazione del canale stesso; questo può comportare dei rallentamenti per quanto riguarda la visualizzazione real time del processo di acquisizione dati, ma non rappresenta un problema dal punto di vista del controllo se i tempi di controllo sono comunque superiori al tempo di trasmissione, ovvero se i tempi di reazione necessari per la gestione dell'impianto sono superiori al tempo di invio o ricezione dell'informazione. Va comunque considerato che i dati a pacchetto di questo tipo di comunicazione non sono molto vulnerabili in termini di sicurezza o intrusione da parte di terzi, e questo alleggerisce di molto la struttura di controllo del pacchetto e il protocollo stesso, rendendo possibile l'instradamento di pacchetti più piccoli in termini di dimensioni (senza troppi bit di ridondanza), e quindi più veloci. Dal punto di vista della modulazione, invece, possono esser fatte altre considerazioni: in base alla modulazione scelta è possibile inviare più o meno informazioni, anche nello stesso istante; attualmente esistono modulazioni diverse,

con prestazioni più elevate, ma evidentemente in questa tipologia di impianti vengono considerate maggiormente le tecnologie affermate, più affidabili e snelle dal punto di vista del controllo degli errori; prestazioni migliori comporterebbero anche costi superiori, quindi va valutato se le migliorie introdotte da una tecnologia innovativa più prestante non richiedano un investimento economico eccessivo per il risultato ottenibile.

Sicurezza: la trasmissione radio non è soggetta a facile introduzione nel sistema da parte di terzi; questo è un aspetto molto positivo, sia dal punto di vista della complessità del sistema e del protocollo di comunicazione, sia dal punto di vista economico, in quanto ogni dispositivo aggiunto per garantire un livello di sicurezza più elevato comporta sicuramente maggiori costi da sostenere; una minore complessità, invece, comporta una maggiore facilità di accesso da parte del personale che ne gestisce la manutenzione e il monitoraggio, con la riduzione del numero di accessi da dover effettuare; vanno comunque garantiti diversi livelli di accesso al sistema, in modo tale che le parti più sensibili non vengano gestite da persone non qualificate, le quali potrebbero apportare modifiche che, anche se svolte in buona fede, potrebbero comportare un malfunzionamento della centrale idroelettrica o del sistema di rilevamento dati. L'unico problema che si può riscontrare in questo tipo di impianti è l'inquinamento acustico causato da altre apparecchiature elettriche, che possono emettere segnali nello stesso range di banda di frequenza dedicata alle trasmissioni del telecontrollo, con conseguente intasamento del canale e ricezione da parte dei ricevitori di pacchetti estranei al sistema e non interpretabili; in questo caso, infatti, potrebbe succedere che lo scambio di informazioni tra centro di controllo e impianto idroelettrico non sia più possibile, e sarebbe necessaria l'individuazione dell'apparecchiatura disturbante, con conseguente filtraggio delle frequenze emesse dalla stessa.

Servizi supportati: questo tipo di sistema supporta il servizio Store and forward, che consente di verificare l'integrità del messaggio o pacchetto, prima di spedirlo nuovamente; questo permette di non occupare il canale con pacchetti non corretti, cioè contenenti informazioni errate; nel caso si verifichi questa situazione, viene richiesta la ritrasmissione dell'informazione, anche se non sarà la stessa, in quanto le centraline di telecontrollo remote non sono munite di buffer.

Affidabilità: il canale radio VHF, come precedentemente accennato, non è soggetto a una forte influenza del rumore; ogni pacchetto viene controllato con l'introduzione del bit di parità e con la conferma di avvenuta ricezione mediante acknowledgement; quindi l'informazione, una volta ricevuta e demodulata, può ritenersi corretta.

Disponibilità: l'impianto di trasmissione radio non richiede interventi di manutenzione, quindi si può ritenere operativo per l'intera totalità dell'anno; è importante che non vi siano interruzioni, in quanto le centraline di telecontrollo remoto installate nei piccoli impianti di produzione non sono munite di buffer di raccolta dati, quindi ogni informazione non trasmessa è un'informazione persa, perché non precedentemente memorizzata. Nel caso in cui dovesse saltare un ponte radio, il sistema è organizzato in modo tale che l'informazione abbia sempre la possibilità di essere instradata su un altro canale, passante per un altro ponte o sistema di ponti;

Interfacciabilità: il sistema VHF richiede l'impiego di componenti senza dubbio standardizzati; i PLC vengono costruiti con la possibilità di espansione, mediante appositi moduli, che ne consente l'interfacciabilità con ogni tipo di dispositivi; quindi non ci sono problemi di comunicazione tra apparecchiature, una volta che i parametri e i riferimenti sono settati nel modo corretto. Il server, il database e le postazioni di computer Client^[G] possono essere muniti di adeguate schede di interfaccia; nel complesso quindi, il sistema impiegato è elastico e facilmente modificabile o ampliabile;

Costi: i costi intrinseci della tecnologia VHF riguardano senza dubbio la centralina di telecontrollo, comprensiva di scheda madre, schede di acquisizione, processore, modem, scheda di interfaccia e antenna trasmittente; il costo di questa centralina varia generalmente tra i 3000÷6000 euro, funzione delle dimensioni dell'impianto, quindi della mole di dati da dover gestire; per i ponti VHF vale lo stesso, in quanto per la funzione di Store and Forward richiedono gli stessi componenti, aggiungendo poi un sistema di alimentazione, che può essere ad esempio un impianto fotovoltaico con ricarica di un gruppo di batterie, visto la natura isolata dei luoghi in cui un ponte radio viene generalmente installato; altro costo rilevante riguarda l'acquisto di una licenza VHF per la trasmissione all'interno di una certa banda di frequenza determinata; questo costo però è fisso, e viene ripartito in funzione del numero degli impianti; i componenti hardware del sistema centrale, invece, possono avere costi diversi, non facilmente quantificabili, funzione del numero delle postazioni Client che si vogliono avere e delle prestazioni delle stesse che si vogliono ottenere (in termini di velocità e di capacità di elaborazione).

6.2. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia internet

Anche per il sistema di telecontrollo via web possono essere considerati i requisiti elencati nel paragrafo 2.4.1., utili per il confronto con gli altri metodi :

Velocità: rappresenta sicuramente un aspetto molto importante, in quanto il controllo delle procedure automatiche di regolazione di un impianto idroelettrico richiede che la supervisione e la scelta delle eventuali operazioni da inizializzare avvengano in tempi compatibili con la variabilità temporale delle grandezze di riferimento in ingresso. E' quindi necessario che la linea di connessione a internet degli impianti remoti consenta una velocità di scambio dati sufficientemente elevata a garantire quanto sopra esposto; va comunque detto che l'attuale tecnologia ADSL consente di raggiungere questo obiettivo. Oltre a questo devono essere considerate le prestazioni dei computer presenti in questo sistema: sia i server remoti che il server e il database del sistema centrale di controllo devono avere una capacità di elaborazione dei dati sufficientemente veloce da permettere la visualizzazione e successivo controllo da parte dei vari client che ne richiedono l'accesso; come detto in precedenza, il server centrale deve essere in grado di gestire contemporaneamente i dati in ingresso dagli impianti, l'archiviazione e l'organizzazione degli stessi nel database, le query in arrivo dai client LAN e dai client web: è chiaro che se la struttura di questi componenti hardware non è sufficientemente prestante, si possono introdurre importanti ritardi nella fase di supervisione degli impianti. Per alleggerire il compito del server centrale ci potrebbero essere delle architetture che permettono di trattare i dati già nella postazione server remoto, in modo tale che al momento di acquisizione degli stessi nel server centrale, risultino già pre-impostati all'archiviazione.

Sicurezza: come ben noto, internet è un mezzo di trasmissione delle informazioni molto soggetto a intrusioni indesiderate: a tal proposito nel paragrafo 4.2.1. sono state introdotte diverse strutture hardware di collegamento e di organizzazione della rete server - client, che mirano ad ottenere un livello di sicurezza maggiore degli accessi con l'introduzione di diverse apparecchiature o di un numero crescente di dispositivi di controllo; è fondamentale che i pacchetti vengano instradati in maniera corretta, con un protocollo criptato che non possa essere facilmente decodificato; i router/firewall devono essere settati in maniera corretta, con un determinato numero di porte TCP aperte, con dei meccanismi di controllo dei pacchetti in ingresso molto selettivi, in modo tale da preservare l'intera sicurezza informatica del sistema.

Servizi supportati: il principale protocollo che interessa questo tipo di applicazione è il TCP, relativo alla trasmissione dati; i principali servizi del protocollo TCP riguardano il trasporto di un flusso di byte bidirezionale tra due applicazioni in esecuzione su host^[G] differenti. Il protocollo permette alle due applicazioni di trasmettere contemporaneamente nelle due direzioni, quindi il servizio può essere considerato full duplex^[G] anche se non tutti i protocolli applicativi basati su TCP utilizzano questa possibilità. Il flusso di byte viene frazionato in blocchi per la trasmissione dall'applicazione a TCP (che normalmente è implementato all'interno del sistema operativo), per la trasmissione all'interno di segmenti TCP, per la consegna all'applicazione che lo riceve, ma questa divisione in blocchi dei dati trasferiti dalla centrale al server o viceversa non è per forza la stessa nei diversi passaggi. TCP è un protocollo orientato alla connessione, ovvero prima di poter trasmettere dati deve stabilire la comunicazione, ottenendo una connessione tra mittente e destinatario (ad esempio server remoto e server centrale), che viene esplicitamente chiusa quando non più necessaria (caso della disconnessione di un impianto per un periodo di manutenzione). Esso quindi ha le funzionalità per creare, mantenere e chiudere una connessione. Oltre a questo garantisce che i dati trasmessi, se giungono a destinazione, lo facciano in ordine e una volta sola. Più formalmente, il protocollo fornisce ai livelli superiori un servizio equivalente ad una connessione fisica diretta che trasporta un flusso di byte. Questo è realizzato attraverso vari meccanismi di acknowledgment e di ritrasmissione su timeout. Possiede funzionalità di controllo di flusso e di controllo della congestione sulla connessione. Questo permette di ottimizzare l'utilizzo della rete anche in caso di congestione, e di condividere equamente la capacità disponibile tra diverse sessioni TCP attive su un collegamento, molto utile, se non indispensabile, per la gestione dei dati di un numero elevato di impianti confluenti in un'unica rete di gestione centrale.

Affidabilità: per garantire una corretta trasmissione dati sono presenti nei sistemi di rilevazione dell'errore, che agiscono a livello data link (secondo livello) e a livello di trasporto (quarto livello) del modello ISO/OSI; se l'informazione non arriva al destinatario, o arriva in modo errato, vi è una richiesta automatica di ritrasmissione dell'informazione (ARQ-Automatic Retransmission Request); questa ritrasmissione può essere di tre tipi, che vengono ora descritti, in ordine crescente di complessità e costo hardware: la prima è del tipo *Stop and wait* in cui il mittente invia un messaggio e attende dal destinatario una conferma positiva (ACK), negativa (NAK) o un comando; se scade il tempo di attesa (*timeout*) per uno di questi tre, il mittente provvederà a rispeditore il pacchetto e il destinatario si incaricherà di scartare eventuali repliche. Nel caso in cui si verificasse un errore nella

trasmissione del segnale di conferma (ACK), il mittente provvederà a rinviare il pacchetto; il destinatario riceverà in questo modo una copia del pacchetto già ricevuto, credendo che gli sia pervenuto un nuovo pacchetto. Per ovviare a questo problema si può procedere numerando i pacchetti trasmessi, ovvero inserendo un bit di conteggio. Un altro modo può essere il *Go Back N* in cui il mittente dispone di un buffer (un costo hardware aggiuntivo) dove immagazzina N pacchetti da spedire, man mano che riceve la conferma ACK svuota il buffer e lo riempie con nuovi pacchetti; nell'eventualità di pacchetti persi o danneggiati e scartati avviene la ritrasmissione del blocco di pacchetti interessati. I pacchetti ricevuti dal destinatario dopo quello scartato vengono eliminati. L'ultimo metodo è il *Selective Repeat*, dove anche il destinatario dispone di un buffer dove memorizzare i pacchetti ricevuti dopo quello o quelli scartati; quando i pacchetti interessati vengono correttamente ricevuti, entrambi i buffer vengono svuotati (mittente) o i pacchetti contenuti salvati (destinatario); è il metodo più complesso e costoso.

Disponibilità: le connessioni internet non hanno necessità di manutenzione che richieda la sconnessione del collegamento; può capitare che vi siano invece disponibili degli aggiornamenti (update) per i vari software installati, come ad esempio web server, JAVA^[G] o i database freeware; in tal caso il programma provvede all'installazione degli stessi, e questo può essere utile sia ai fini della sicurezza, sia per apportare delle migliorie d'implementazione al software; per quanto riguarda invece la possibilità di guasto, è importante che le strutture del sistema centrale di supervisione e controllo siano ridondanti, ovvero vi sia la disponibilità di una struttura hardware sostitutiva nel caso di malfunzionamento dei componenti principali: per questo molto spesso vi sono anche in questo caso due server centrali, uno principale e uno secondario, con rispettivi router/firewall di connessione alla rete, che sono pronti a scambiarsi di ruolo nel caso in cui vi fossero dei problemi; i server remoti degli impianti idroelettrici e ogni struttura hardware della sede centrale sono muniti di sistema di batterie di emergenza (o gruppo elettrogeno dedicato), pronti ad intervenire nel caso di mancata alimentazione dalla rete elettrica dell'edificio; questo per garantire una continua gestione degli impianti, senza perdita di dati o del controllo.

Interfacciabilità: l'unico software strettamente legato al tipo di componente hardware installato è sicuramente l'OPC^[G] Server di interfaccia con il PLC: infatti, ogni PLC dispone di un suo linguaggio di programmazione specifico, che deve essere interfacciato a livello software con il sistema operativo del server, sia esso windows o Linux; ogni casa costruttrice di PLC ha quindi una sua versione di OPC server, per comunicare secondo gli standard OPC; per il resto dei componenti, invece, la scelta di hardware e software, e delle rispettive architetture, può essere del tutto personalizzabile, anche in funzione dei livelli di sicurezza e disponibilità che si intendono raggiungere, visto che sono senza dubbio inversamente proporzionali all'economicità dell'impianto di telecontrollo.

Costi: è indubbiamente il sistema di gestione del telecontrollo più costoso; i maggiori costi che vengono sostenuti non riguardano di per sé tutta la componentistica hardware del sistema di telecontrollo, sia remoto che centrale, ma bensì le licenze necessarie per la fruizione dei servizi offerti dai vari software; i software OPC hanno licenze costose, come anche i Server Web; oltretutto ogni Client Web, per poter accedere al sistema di telecontrollo, deve avere una licenza personale che fornisca username e password; è chiaro

che un sistema così versatile, che permette l'accesso da qualsiasi posizione, in qualsiasi momento, comporta un costo maggiore, a favore però di un telecontrollo molto ben gestibile. I costi per l'accesso internet in questo caso non sono rilevanti a livello contrattuale; va però ricordato che nel caso in cui non vi fosse la vicinanza a un punto di connessione della rete telefonica, il costo per la creazione di una linea dedicata (ad esempio in fibra ottica) che permetta l'accesso a internet potrebbe essere significativo.

6.3. Valutazione dei parametri di confronto per la tecnologia GSM/GPRS

Anche per il sistema di telecontrollo GSM/GPRS possono essere considerati i requisiti elencati nel paragrafo 2.4.1., utili per il confronto con gli altri metodi :

Velocità: alcune velocità tipiche di questo sistema di comunicazione sono state presentate nel paragrafo 5.2.; di per se tali valori sarebbero sufficienti per un sistema di controllo, anche in tempo reale; il problema principale di questo telecontrollo risiede nel fatto di doversi appoggiare ad una compagnia telefonica per la realizzazione del collegamento tra impianto remoto e server centrale di controllo; la struttura della rete di copertura di un gestore telefonico è organizzata per celle, aventi ognuna un canale di trasmissione determinato, con una certa capacità massima utilizzabile; la capacità a disposizione di ogni singolo terminale GSM/GPRS è fortemente dipendente dal numero di terminali connessi alla stessa cella nello stesso istante; vi sono quindi dei momenti o delle situazioni che comportano la saturazione del canale trasmissivo, con conseguente riduzione del numero di bit inviabili al secondo, o con addirittura l'impossibilità di trasmissione del pacchetto o dell'SMS (è ad esempio il caso tipico di ricorrenze festive particolarmente importanti, in cui buona parte dei clienti di una compagnia telefonica si ritrovano simultaneamente ad inviare SMS di auguri o quant'altro); nel paragrafo 5.2.2. sono stati elencati i diversi ritardi a cui è soggetto un pacchetto nella trasmissione; il protocollo GSM effettua prima dei controlli di qualità sui dati trasmessi, per eliminare eventuali interferenze, e solo in un secondo momento, effettua la cifratura. La cifratura è una fase onerosa dal punto di vista delle risorse informatiche richieste, e che può rallentare l'avvio della comunicazione e la ricezione del segnale; dal punto di vista del telecontrollo, questa situazione non sarebbe certamente accettabile; per questo è evidente l'importanza di avere un canale dedicato come può essere ad esempio nella trasmissione radio VHF. Oltre a questo, il server centrale deve avere i requisiti hardware tali da permetterla gestione di ogni operazione descritta nel paragrafo 5.4.2., senza far subire rallentamenti nella comunicazione tra impianto remoto e postazione Client.

Sicurezza: le specifiche di progetto iniziali del GSM prevedevano un livello di sicurezza relativamente basso, utilizzando un sistema di crittografia parzialmente condiviso per autenticare l'utente. La comunicazione fra l'utente e la stazione radio-base può essere a sua volta cifrata. Nella prima fase, i dati viaggiano "in chiaro" e sono facilmente accessibili a tutti. L'onerosità degli algoritmi di cifratura però, in termini di risorse e rallentamento della comunicazione, potrebbe non giustificare l'adozione massiva nelle reti GSM degli standard di sicurezza più elevati, tenendo conto che non esiste un sistema informatico inviolabile e una sicurezza assoluta. Se le esigenze di sicurezza lo richiedono, è possibile installare sul terminale un programma di cifratura addizionale; tuttavia questa soluzione richiede che il programma sia sul cellulare del mittente e del destinatario. Esistono programmi scritti in

linguaggio Java, compatibili quindi con molti modelli, sia col sistema operativo Microsoft Windows 5 sia con i cellulari, che usano il sistema operativo Symbian.

Servizi supportati: come già richiamato nel paragrafo 5.2.2., il servizio SMS supporta la tecnica store and forward, che prevede di ricevere tutto il pacchetto, elaborarlo, e poi accodarlo per la ritrasmissione; vi sono più ritardi, da dover sommare ad ogni ritrasmissione; nel caso si verifichi la perdita o l'eliminazione di un pacchetto, viene richiesta la ritrasmissione dell'informazione, anche se non sarà la stessa, in quanto le centraline di telecontrollo remote non sono munite di buffer. Inoltre, il servizio di messaggistica prevede lo stoccaggio temporaneo del SMS nel centro servizi del gestore telefonico nel caso in cui il terminale del destinatario non sia momentaneamente raggiungibile.

Affidabilità: in questo caso per affidabilità dell'informazione bisogna considerare la veridicità dell'informazione trasmessa tra impianto remoto e sistema centrale: il fatto che tra una trasmissione di dati e l'aggiornamento successivo vi sia un intervallo di tempo così lungo, comporta che l'analisi sull'andamento del processo non sia reale, in quanto in quel frangente le principali grandezze di interesse, come livello dei serbatoi e portata, potrebbero aver subito variazioni importanti; questo vuol dire che l'automatismo deve essere in grado di operare in maniera indipendente, e quindi l'utente che supervisiona l'impianto ne deve aver fiducia. Potrebbe capitare che vi siano quindi fluttuazioni di parametri che non vengono rilevate, se non dal dispositivo di acquisizione direttamente installato nel server remoto, nell'edificio di centrale; per avere una visione completa dei trend di un impianto è sempre necessario andare in loco.

Disponibilità: per quanto riguarda il sistema di comunicazione gli unici disservizi che potrebbero presentarsi riguardano la saturazione del canale, come precedentemente descritto; per evitare invece la non disponibilità del sistema hardware, ogni componente deve avere la possibilità di essere alimentato da un gruppo di batterie tampone o da un gruppo elettrogeno; in parecchi casi il server di acquisizione centrale e il relativo modem GSM/GPRS vengono sdoppiati, ovvero vi sono due server e due modem, uno principale e uno secondario, che entrano in funzione nel caso vi siano dei guasti al sistema principale.

Interfacciabilità: il sistema GSM/GPRS impiega di componenti senza dubbio standardizzati; i PLC vengono costruiti con la possibilità di espansione, mediante appositi moduli, che ne consente l'interfacciabilità con qualsiasi altra apparecchiatura; l'unico software strettamente legato al tipo di componente hardware installato è sicuramente l'OPC Server di interfaccia con il PLC: infatti, ogni PLC dispone di un suo linguaggio di programmazione specifico, che deve essere interfacciato a livello software con il sistema operativo del server; come detto in precedenza, ogni casa costruttrice di PLC ha quindi una sua versione di OPC server, per comunicare secondo gli standard OPC; per il resto dei componenti, invece, la scelta di hardware e software, e delle rispettive architetture, può essere del tutto personalizzabile, anche in funzione dei livelli di sicurezza e disponibilità che si intendono raggiungere; nel complesso quindi, il sistema impiegato è ben adattabile alle varie esigenze, facilmente ampliabile in quanto necessita principalmente di una centralina GSM/GPRS e un nuovo numero di telefono su SIM, che deve essere aggiornato poi nel server centrale.

Costi: nel caso di telecontrollo GSM/GPRS, i costi riguardano principalmente la centralina di telecontrollo con modem Dual Band GSM/GPRS e la tariffazione del servizio di messaggistica e di scambio dati a pacchetto da parte del gestore telefonico; come nel caso VHF, la centralina ha dei costi stimabili tra 3000÷6000 euro; la tariffazione, invece, è un aspetto ben più rilevante: è chiaro che sia il servizio SMS che il servizio di connessione GPRS avranno una tariffazione diversa da quanto normalmente avviene per un cliente telefonico, ma va tenuto in considerazione che la tariffazione GPRS è generalmente effettuata in base al volume di dati trasmessi (di solito in kB), e non con un contratto come può essere quello ADSL, in cui si paga una quota fissa mensile, indipendentemente dal traffico dati effettivamente realizzato; più scambio dati significa in questo caso più costi (anche se con la vecchia tecnologia GSM, basata sulla semplice chiamata e con tariffazione basata sull'effettivo tempo di occupazione del canale, i costi erano senza dubbio più elevati).

6.4. Osservazioni conclusive

Per realizzare un sistema di telecontrollo affidabile, sicuro e flessibile ad eventuali variazioni ed ampliamenti del parco di produzione costituito da impianti idroelettrici con queste caratteristiche, la soluzione migliore potrebbe essere indubbiamente quella di integrare in maniera opportuna i tre metodi presentati, in quanto ognuno ha degli aspetti positivi o negativi che devono essere valutati. Potendo realizzare un telecontrollo comprensivo delle tre tecnologie, si potrebbe ottenere un ottimo risultato realizzando una sede centrale di supervisione e controllo munita delle opportune interfacce necessarie per l'impiego dei tre metodi, archiviare i dati dei vari impianti in un singolo database e permettere l'accesso al server dalle postazioni Client, sia LAN, sia web; per ogni singolo impianto, invece, è necessario scegliere al momento della realizzazione il tipo di metodo e relativi componenti da installare, in base principalmente alla posizione geografica in cui è localizzato, in quanto da essa dipende la possibilità di accesso ad un mezzo trasmissivo piuttosto che a un altro.

CONCLUSIONI

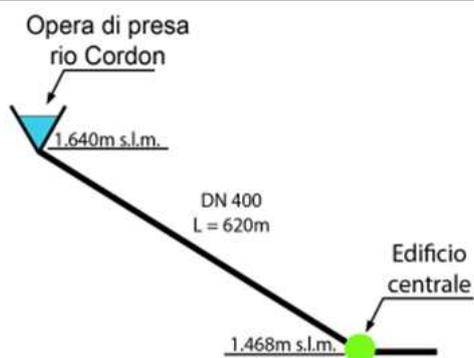
Dall'analisi svolta sulle diverse tipologie di telecontrollo presentate, sono emersi alcuni spunti di riflessione; innanzitutto la scelta del sistema di telecontrollo è fortemente dipendente dalla posizione geografica dell'impianto idroelettrico che deve essere gestito: se l'impianto si trova in una posizione remota, è chiaro che non sarà probabilmente possibile realizzare una linea in cavo per la connessione internet; se poi la posizione risulta particolarmente critica anche per la copertura della zona mediante l'impiego di onde radio VHF, situazione che può sicuramente presentarsi in territorio montano, l'unica soluzione possibile è l'appoggio alla rete telefonica GSM/GPRS; nel caso in cui non vi siano di questi problemi, la scelta di una tipologia rispetto ad un'altra può essere fatta principalmente valutando diversi punti di vista: il costo del telecontrollo, la qualità del servizio fornito e l'indipendenza da terzi. In ambito di costi, il metodo che risulta più conveniente, sia dal punto di vista hardware che software, è sicuramente quello basato sulla tecnologia radio VHF: una volta realizzata la struttura di copertura radio del territorio, e acquistata la licenza di trasmissione su una frequenza dedicata, è possibile aggiungere nuovi impianti al sistema di telecontrollo centrale installando la centralina di telecontrollo nell'impianto idroelettrico e andando ad apportare gli aggiornamenti software necessari al server di centrale, dedicando una porzione del database alla gestione dei dati di quell'impianto; la struttura di connessione internet invece, ha dei costi maggiori per quanto riguarda la realizzazione dell'eventuale linea dedicata di connessione, l'acquisto dei software OPC, l'acquisto delle licenze per usufruire delle postazioni Client Web, oltre che a un aumento della componentistica hardware per questioni di sicurezza (router o rete DMZ^[G]); il metodo GSM/GPRS non presenta problemi di costi relativi alla componentistica utilizzata, ma la tariffazione del servizio fornito è generalmente funzione del volume di dati scambiati, quindi questo potrebbe aumentare il costo del telecontrollo e di conseguenza limitarne l'utilizzo; per quanto riguarda la qualità del servizio e la dipendenza da terzi, è evidente che un canale trasmissivo VHF ha dei limiti, principalmente per la mole di dati scambiati contemporaneamente e per la velocità di trasmissione degli stessi, ma rappresenta un mezzo affidabile dal punto di vista della sicurezza, soprattutto perché il canale trasmissivo è un canale dedicato e indipendente; il metodo via internet, invece, consente uno scambio dati veloce, senza limitazione del volume dei dati trasmessi, ma è ben più critico dal punto di vista della sicurezza, in quanto potrebbe essere soggetto ad attacchi informatici, che comporterebbero l'accesso di terzi al telecontrollo, con conseguente rischio di perdita dati o comando errato degli impianti, oltre che alla perdita della possibilità di supervisione e controllo; a suo favore, però, vi è anche la possibilità di accesso da qualsiasi postazione internet; il telecontrollo GSM ha come aspetto più critico quello della dipendenza dal gestore GSM: la trasmissione avviene tramite l'appoggio alle celle GSM sparse sul territorio, che devono gestire ogni terminale GSM ad esse connesso; la velocità di trasmissione dipende dal numero di terminali che contemporaneamente occupano il canale; vi possono essere situazioni particolari in cui il numero di connessioni è eccessivamente elevato, tale da non permettere la trasmissione dati, determinando quindi la perdita delle funzioni di supervisione e controllo. In conclusione, ognuno dei tre metodi presentati ha degli aspetti positivi o negativi che devono essere valutati; per realizzare un sistema di telecontrollo affidabile, sicuro e flessibile ad eventuali variazioni ed ampliamenti del parco di produzione costituito da impianti idroelettrici con queste caratteristiche, la soluzione

migliore potrebbe essere indubbiamente quella di integrare in maniera opportuna i tre metodi presentati.

APPENDICE A

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche degli impianti analizzati durante lo svolgimento del tirocinio. Sono presenti sia impianti ad acqua fluente, sia impianti su acquedotto.

Centralina idroelettrica di Selva di Cadore – Rio Cordon



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acqua fluente
Superficie bacino tributario: 6,9 km²
Quota pelo morto superiore: 1638,70 m s.l.m.
Quota pelo morto inferiore: 1468,00 m s.l.m.
Salto di concessione: 170,70 m
Portata massima derivabile: 195 l/s
Portata media di concessione: 115 l/s
Potenza di concessione : 191 kW
Potenza massima: 238 kW

GENERATORE ASINCRONO

Potenza nominale: 260 kW
Tensione nominale: 400V
Corrente nominale: 435A
Frequenza nominale: 50 Hz
Fattore di potenza: 0,86
Numero di poli: 6
Numero di giri: 1007

TURBINA PELTON A 2 GETTI

Portata Massima: 195 l/s
Salto: 172 m
Potenza all'asse: 300 kW
Velocità: 1010 giri/min

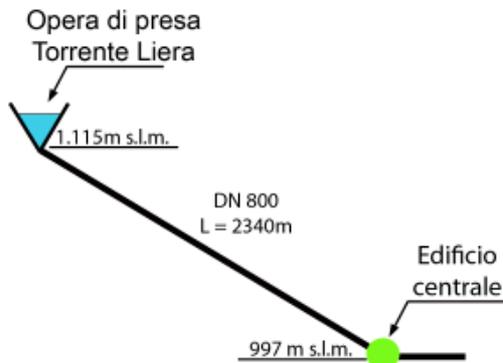
CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Automazione idraulica ed elettrica
Valvola di by-pass: elettrica
Valvola di scarico: elettrica
Valvola a farfalla: idraulica
Spine della turbina: idraulica

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete MT

Centralina idroelettrica di Canale d'Agordo – torrente Liera



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Due gruppi macchina costituiti entrambi da turbina Pelton a tre getti e generatore sincrono avente le seguenti caratteristiche:

Tipologia: acqua fluente
 Portata tot. massima derivabile: 1200 l/s
 Portata di concessione: 747 l/s
 Salto lordo: 116 m
 Salto netto: 105,3 m
 Potenza massima: 1100 kW
 Potenza minima: 80 kW

TURBINA

Disposizione asse: verticale
 Portata nominale: 600 l/s
 Potenza nominale turbina: 548 kW
 Rendimento nominale: 0,885
 Velocità di rotazione: 500 giri/min
 Velocità di fuga: 900 giri/min
 Numero pale: 20
 Numero iniettori: 3
 Diametro getti: 76 mm

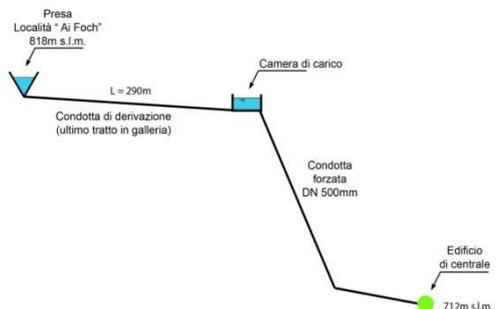
GENERATORE

Potenza nominale: 750 kVA
 Tensione nominale: 400 V
 Corrente nominale: 1082 A
 Fattore di potenza: 0,797
 Frequenza nominale: 50 Hz
 N° poli: 12
 Numero giri nominale: 500 giri/min
 Reattanza sincrona: 161%
 Reattanza sub transitoria: 14,2%
 Sistema TN-S

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete MT

Centralina idroelettrica di Voltago Agordino – torrente Sarzana



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tre gruppi macchina, uno costituito da turbina pelton a quattro getti e generatore sincrono, due costituiti entrambi da turbina Pelton a un getto e generatore sincrono; descrizione delle principali caratteristiche:

Tipologia: acqua fluente
 Portata totale massima derivabile: 450 l/s
 Salto netto: 115 m
 Potenza massima: 520 kW

1 GENERATORE

Potenza nominale: 600 kVA
 Tensione nominale: 400 V
 Corrente nominale: 860 A
 Fattore di potenza: 0,7
 Frequenza nominale: 50 Hz
 N° poli:8
 Numero giri nominale: 750 giri/min

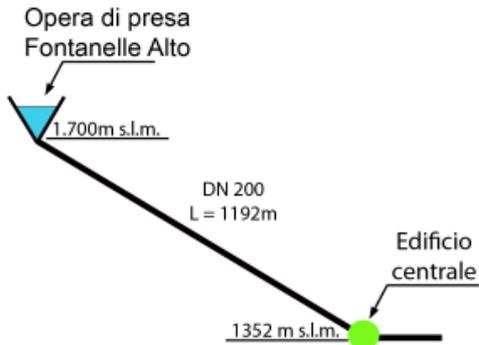
2 GENERATORI n° 1 e 2

Potenza nominale: 100 kW
 Tensione nominale: 400 V
 Frequenza nominale: 50 Hz
 N° poli:8
 Numero giri nominale: 750 giri/min

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete MT

Centralina idroelettrica di Falcade – Focobon 1



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acquedotto
 Portata di concessione: 28 l/s
 Salto di concessione: 348 m
 Salto lordo: 345,70 m
 Salto netto: 336,01 m
 Potenza di concessione: 95 kW
 Diametro condotta: 200 mm
 Lunghezza condotta: 1192 m

GENERATORE ASINCRONO

Potenza nominale: 132 kW
 Tensione nominale: 400V
 Corrente nominale: 215A
 Frequenza nominale: 50 Hz
 Fattore di potenza: 0,9
 Numero di poli: 4
 Numero di giri: 1509

TURBINA PELTON A 1 GETTO

Portata nominale: 28 l/s
 Portata massima: 40 l/s
 Salto: 336 m
 Potenza garantita: 86,5 kW
 Potenza massima: 106,5 kW
 Velocità: 1505 giri/min

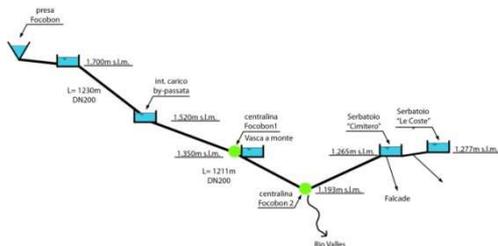
CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Automazione mista, sia elettrica che
 pneumatica:
 Tegolo deviatore: pneumatico
 Spina del dissipatore: elettrica
 Spina della turbina: elettrica
 Valvola a tre vie: elettrica

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete MT

Centralina idroelettrica di Falcade – Focobon 2



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acquedotto

Salto netto: 337 m

Portata: 28 l/s

Potenza idraulica disponibile: 42 kW



GENERATORE ASINCRONO

Potenza nominale: 55kW

Tensione nominale: 400V

Corrente nominale: 97A

Frequenza nominale: 50 Hz

Velocità nominale: 1475 giri/min

Numero di poli: 4

Fattore di potenza: 0,88

Rendimento: 0,937

Peso: 264 kg

TURBINA

Tipo: Pelton

Diametro della girante: 400 mm

Larghezza pale: 41 mm

Velocità di rotazione: 1515 giri/min

Diametro dei bocchelli: 3/11 + 3/11,5 mm

CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Completamente di tipo elettrico.

ATTUATORI:

Tensione alimentazione: 24Vdc

Angolo di lavoro: 90°

Velocità di intervento ON/OFF (e viceversa): 33s

Massima coppia applicabile: 100Nm

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete BT

Centralina idroelettrica di Alleghe - Mulini



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acquedotto
 Salto lordo: 369 m
 Salto netto: 337 m
 Portata: 20 l/s
 Potenza idraulica disponibile: 67,5 kW



GENERATORE ASINCRONO

Potenza nominale: 55kW
 Tensione nominale: 400V
 Corrente nominale: 97A
 Frequenza nominale: 50 Hz
 Velocità nominale: 1475 giri/min
 Numero di poli: 4
 Fattore di potenza: 0,88
 Rendimento: 0,937
 Peso: 264 kg

TURBINA

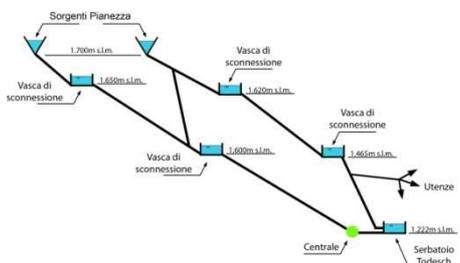
Tipo: Pelton
 Diametro della girante: 400 mm
 Larghezza pale: 41 mm
 Velocità di rotazione: 1515 giri/min
 Diametro dei bocchelli: 3/13 + 3/14 mm

CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Completamente di tipo elettrico
ATTUATORI:
 Tensione alimentazione: 24Vdc
 Angolo di lavoro: 90°
 Velocità di intervento ON/OFF (e viceversa): 33s

Massima coppia applicabile: 100Nm
TIPO DI ALLACCIAMENTO
 Rete BT

Centralina idroelettrica di Vallada – Pianezza



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acquedotto

Salto netto: 320 m

Portata: 18,8 l/s

Potenza idraulica disponibile: 59 kW

GENERATORE ASINCRONO

Potenza massima: 43,5kW

Tensione nominale: 400V

Corrente nominale: 100A

Frequenza nominale: 50 Hz

Velocità nominale: 1510 giri/min

Numero di poli: 4

Fattore di potenza: 0,82

Rendimento: 0,88

Peso: 280 kg

TURBINA

Tipo: Pelton

Diametro della girante: 400 mm

Larghezza pale: 38 mm

Velocità di rotazione: 1515 giri/min

Diametro dei bocchelli: 3/7,5 + 3/8 mm

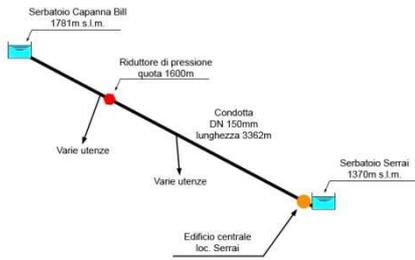
CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Pneumatica con controllo elettrico.

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete BT

Centralina idroelettrica di Rocca Pietore – Serrai



CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Tipologia: acquedotto
Portata di concessione: 25 l/s
Salto lordo: 411 m
Salto netto: 272 m
Potenza di concessione: 100kW
Potenza nominale: 75kW
Potenza effettiva disponibile (causa
riduttore di pressione e utenze): 42kW
Diametro condotta: 150 mm
Lunghezza condotta: 3362 m

GENERATORE ASINCRONO

Potenza nominale: 75 kW
Tensione nominale: 400V
Corrente nominale: 126A
Frequenza nominale: 50 Hz
Fattore di potenza: 0,86
Numero di poli: 4
Numero di giri: 1520

TURBINA PELTON A 1 GETTO

Numero di giri: 1520

CARATTERISTICHE DELL'AUTOMAZIONE

Automazione elettrica
Tegolo deviatore: elettrocalamita elettrica
Spina della turbina: elettrica

TIPO DI ALLACCIAMENTO

Rete BT

APPENDICE B

Vengono di seguito riportate due pagine delle direttive DK 5640 e DK 5940 relative rispettivamente ai limiti di potenza reattiva ammessi negli impianti di produzione allacciati rispettivamente alla rete MT e BT di ENEL.

 L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.	CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI IMPIANTI ATTIVI E PASSIVI ALLA RETE ELETTRICA DI MEDIA TENSIONE DI ENEL DISTRIBUZIONE	
		DK 5640
		Luglio 2008 ED. 1 16 / 37
<p>11 REQUISITI EMC</p> <p>Al fine di ottemperare a quanto prescritto dai par. 4.1.2 e 9 della Norma CEI 0-16 e consentire ad ENEL di effettuare la corretta valutazione di eventuali disturbi generati dall'impianto del Cliente, quest'ultimo dovrà fornire, in fase di richiesta allacciamento, tutte le informazioni compilando l'allegato alla documentazione da produrre secondo quanto prescritto dalla DK 5310.</p> <p>12 LIMITI DI SCAMBIO DI ENERGIA REATTIVA</p> <p>ENEL, nel fornire energia elettrica ai propri Clienti, mantiene la tensione il più stabile possibile e comunque entro il ± 10 % della tensione nominale di fornitura come stabilito dalla Norma CEI EN 50160 e nei documenti contrattuali per la connessione⁽³⁾.</p> <p>Pertanto ENEL verificherà che la connessione dell'impianto del Cliente non comporti variazioni di tensione inaccettabili per tutti i Clienti MT allacciati alla medesima rete e per tutti i Clienti BT ad essa sottesi; deve essere, infatti, consentita la possibilità per ENEL di regolare la tensione sulle sbarre MT di cabina primaria nel campo di variazione che permetta il regolare esercizio della rete, nel campo prescritto dalle norme.</p> <p>In caso contrario, ENEL potrà chiedere l'attivazione di un diverso regime di scambio di energia reattiva, tale da essere compatibile con i vincoli di tensione e concorderà col Cliente (ed alle Unità responsabili della gestione degli aspetti commerciali) tale regime.</p> <p>Per quanto riguarda gli impianti dotati di generatori funzionanti in parallelo con la rete, il Cliente produttore è tenuto ad applicare quanto previsto dalla Norma CEI 11-20, al fine di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • limitare l'assorbimento di corrente all'avviamento dei gruppi (e le eventuali variazioni rapide di tensione conseguenti sulla rete) • scambiare energia reattiva con la rete entro i limiti prescritti dalla normativa vigente (vedi tabella 2); in casi particolari, su richiesta di ENEL, per motivate esigenze di esercizio e di regolazione della tensione, è possibile concordare all'interno del Contratto per la Connessione un piano di scambio di potenza reattiva diverso e compatibile con le caratteristiche dei generatori presenti nell'impianto. <p>Le fasce orarie F1, F2 e F3 sono determinate con riferimento alla delibera AEEG n.181/06 e s.m.i.</p> <p>In ogni caso, il piano di produzione di energia reattiva sarà riportato nel regolamento di esercizio (vedi allegato A). Il fattore di potenza medio mensile dell'energia consegnata dovrà assumere i valori riportati nella tabella 2 se non diversamente concordato e specificato nel regolamento di esercizio.</p> <p><small>⁽³⁾ Nel contratto sono riportate anche le prescrizioni tecniche relative ai limiti del fattore di potenza dell'energia, che l'impianto del Cliente è tenuto a rispettare quando è connesso alla rete.</small></p>		

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI - INGEGNERIA E UNIFICAZIONE



**CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI
IMPIANTI ATTIVI E PASSIVI ALLA RETE
ELETTRICA DI MEDIA TENSIONE DI ENEL
DISTRIBUZIONE**

DK 5640
Luglio 2008
ED. 1 17 / 37

Tabella n. 2: Fattore di potenza per impianti di produzione collegati alla rete di distribuzione

Generatori sincroni

		cosφ	
Fonte	caso A	Periodo iniziale	a regime
Idroelettrica	$P \leq 1$ MW	1	In casi particolari può essere fissato un valore diverso da 1, in base a misure AdM e condizioni di rete
Termoelettrica	$P \leq 3$ MW		

		cosφ	
Fonte	caso B	Fasce orarie F1, F2	Fascia oraria F3
Idroelettrica	$1 < P \leq 10$ MW	$\leq 0,9$ induttivo	1
Termoelettrica	$3 < P \leq 10$ MW		

		cosφ	
Fonte	caso C	Fasce orarie F1, F2	Fascia oraria F3
Tutte	$P > 10$ MW	$\leq 0,9$ induttivo	$\leq 0,95$ capacitivo
In alternativa può essere fissato un valore diverso, in base alle condizioni specifiche della rete. Tale valore deve essere notificato al Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Soc. TERNA S.p.A.)			

Generatori asincroni (assorbono energia reattiva induttiva)

Fasce orarie F1, F2	cosφ (medio mensile) $\geq 0,9$

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI - INGEGNERIA E UNIFICAZIONE

 <small>L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. Divisione Infrastrutture e Reti</small>	CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ALLA RETE BT DI ENEL DISTRIBUZIONE	DK 5940
		Giugno 2006 Ed. 2.1 - 8/35
<ul style="list-style-type: none"> - potenza nominale, fattore di potenza e rendimento dei generatori rotanti; - potenza nominale dei dispositivi di conversione statica; - contributo al corto circuito dei generatori rotanti e dei dispositivi di conversione statica; - sistema di avviamento; - posizione dell'impianto sulla rete (impedenza a monte del punto di collegamento); - potenza di condensatori di rifasamento eventualmente installati, avendo cura che non siano in quantità tale od installati in modo da potere permettere l'autoeccitazione del gruppo stesso; - caratteristiche e capacità di trasporto della linea di BT cui eseguire eventualmente l'allacciamento. <p>Sulla base delle verifiche sopra indicate ENEL valuterà come allacciare l'impianto di produzione alla propria rete.</p>		
<p>7 ENERGIA REATTIVA</p> <p>Il cliente produttore deve scambiare energia reattiva con la rete entro i limiti prescritti dalla legislazione e dalla normativa vigente.</p> <p>Per gli impianti di generazione asincroni rotanti, in fase di immissione in rete di energia attiva, l'assorbimento di energia reattiva induttiva deve avvenire con fattore di potenza medio mensile maggiore o uguale a 0,9, nelle ore di fascia F1, F2 e F3 (ore piene). Nessuna condizione specifica è prescritta per le ore di fascia F4 (ore vuote).</p> <p>In caso contrario il cliente produttore è tenuto ad adottare idonei provvedimenti (sistemi di rifasamento e/o di filtraggio armonico) per portare ad almeno 0,9 tale valore.</p> <p>Nel caso in cui i quantitativi di energia reattiva induttiva, prelevati in ore piene, eccedano numericamente il 50 % delle corrispondenti immissioni di energia attiva, si applicherà all'energia attiva immessa, a titolo di penale, un corrispettivo pari al corrispettivo per la fornitura di energia induttiva, stabilito dalle disposizioni di legge e dai provvedimenti delle autorità competenti vigenti, in caso di mancato rispetto del fattore di potenza per le forniture multiorarie corrispondenti per livello di tensione.</p> <p>Gli impianti di produzione collegati alla rete ENEL tramite dispositivi di conversione statica, possono erogare energia attiva con fattore di potenza (riferito alla componente fondamentale):</p> <ul style="list-style-type: none"> - non inferiore a 0,8 in ritardo (cioè assorbimento di potenza reattiva) quando la potenza attiva erogata è compresa tra il 20 % ed il 100 % della potenza complessiva installata; - in fase (cioè, costante pari ad 1); - in anticipo, quando erogano una potenza reattiva complessiva non superiore al minor valore tra 1 kVAr e $(0,05 + P/20)$ kVAr, dove P è la potenza complessiva installata espressa in kW. <p>Nei periodi in cui i generatori sono inattivi, gli impianti del cliente produttore devono comportarsi come impianti passivi per i quali vale la regola generale relativa all'assorbimento di energia reattiva induttiva da parte dei clienti ed il divieto di immettere energia reattiva induttiva in rete.</p> <p>In casi particolari, su richiesta delle Unità ENEL competenti, per motivate esigenze di esercizio e di regolazione della tensione, il cliente produttore ed ENEL possono concordare un piano di scambio di potenza reattiva diverso e compatibile con le caratteristiche dei generatori presenti nell'impianto.</p>		

INGEGNERIA RETE ELETTRICA

INGEGNERIA RETE ELETTRICA	 <small>L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA</small> <small>Divisione Infrastrutture e Reti</small>	CRITERI DI ALLACCIAMENTO DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ALLA RETE BT DI ENEL DISTRIBUZIONE	DK 5940 <small>Giugno 2006</small> <small>Ed. 2.1 - 9/35</small>
	<p>Le citate Unità ENEL dovranno comunicare al cliente produttore ed alle Unità responsabili della gestione degli aspetti commerciali, le nuove caratteristiche del fattore di potenza dell'energia consegnata; tali caratteristiche dovranno essere riportate dal cliente nel Regolamento di Esercizio (vedi allegato A).</p> <p>Per quanto concerne produzione di energia reattiva dei dispositivi di conversione statica, le prescrizioni funzionali e le relative prove sono riportate nell'allegato AIB.</p>		
	<p>8 QUALITÀ DELL'ENERGIA PRODOTTA</p> <p>Gli impianti di produzione possono essere fonte di possibile disturbo per gli altri clienti e compromettere il regolare funzionamento delle apparecchiature elettriche collegate alla stessa rete BT; è quindi necessario che vengano rispettati i limiti previsti dalle norme per le fluttuazioni di tensione e, nel caso di impianti collegati alla rete mediante dispositivi di conversione statica, siano soddisfatte alcune prescrizioni riguardanti contenuto armonico e componente continua dell'energia prodotta.</p> <p>Relativamente alle componenti armoniche della corrente immessa nella rete pubblica, i convertitori devono soddisfare le prescrizioni CEI EN 61000-3-2 o CEI EN 61000-3-12 in base alla potenza dell'impianto.</p> <p>Per quanto riguarda le fluttuazioni di tensione ed il flicker, l'impianto di produzione deve soddisfare la CEI EN 61000-3-3 o CEI EN 61000-3-11 in base alla potenza dell'impianto.</p> <p>Per impianti di produzione collegati alla rete mediante convertitori statici, deve essere garantita la separazione metallica fra la rete pubblica in c.a. e la parte in c.c dei convertitori mediante trasformatore di isolamento a frequenza industriale (obbligatoriamente per gli impianti > 20kW).</p> <p>Per potenza complessiva di produzione ≤ 20 kW tale separazione può essere sostituita da una protezione (*) che interviene, agendo sul dispositivo di generatore o interfaccia, quando la componente in corrente continua della corrente immessa nella rete pubblica supera lo 0,5% della corrente nominale d'uscita del convertitore stesso.</p> <p>Per quanto concerne la qualità dell'energia prodotta da impianti di produzione collegati alla rete ENEL tramite dispositivi di conversione statica, le prescrizioni funzionali e le relative prove, sono riportate nell'allegato AIB.</p> <p>9 ALLACCIAMENTO ALLA RETE BT</p> <p>9.1 DISPOSITIVO DELLA RETE PUBBLICA</p> <p>Il dispositivo della rete pubblica, installato nella cabina MT/BT ENEL (indicato in figura 1), e' costituito da un interruttore automatico dotato di protezione magnetotermica oppure da un interruttore di manovra dotato di una terna di fusibili.</p> <p>9.2 DISPOSITIVO GENERALE</p> <p>Il dispositivo generale deve essere costituito da un interruttore con sganciatori di massima corrente.</p> <p>L'esecuzione del dispositivo generale deve soddisfare i requisiti sul sezionamento della Norma CEI 64-8.</p> <p>_____</p> <p>(*) Tale protezione può essere interna al sistema elettronico di regolazione del convertitore, a patto che il suo funzionamento sia comunque verificabile.</p>		

APPENDICE C

In questa sezione vengono trattati in modo più approfondito alcuni software necessari per implementare le applicazioni web del telecontrollo internet; di seguito vengono trattate due tipologie di server web e, oltre a questo, viene descritta la tipologia di database relazionale in maniera più dettagliata.

C1. Apache HTTP Server

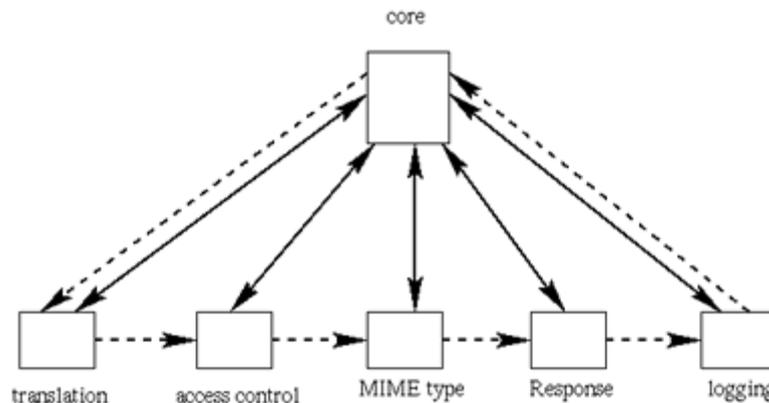
Apache HTTP^[G] Server, o più comunemente Apache, è il nome dato alla piattaforma server Web modulare più diffusa (ma anche al gruppo di lavoro open source che ha creato, sviluppato e aggiornato il software server), in grado di operare da sistemi operativi UNIX-Linux e Microsoft. Apache è un software che realizza le funzioni di trasporto delle informazioni, di internetwork e di collegamento, ha il vantaggio di offrire anche funzioni di controllo per la sicurezza come quelli che compie il proxy.

Il proxy è un programma che si interpone tra un client ed un server, inoltrando le richieste e le risposte dall'uno all'altro. Il client si collega al proxy invece che al server, e gli invia delle richieste. Il proxy a sua volta si collega al server e inoltra la richiesta del client, riceve la risposta e la inoltra al client.

A differenza del router, che lavora ad un livello ISO/OSI più basso, i proxy nella maggior parte dei casi lavorano a livello applicativo; di conseguenza un programma proxy gestisce un numero limitato di protocolli applicativi. Un proxy può essere usato per una o più delle seguenti ragioni:

- **connettività:** per permettere ad una rete privata di accedere all'esterno è possibile configurare un computer in modo che faccia da proxy tra gli altri computer e Internet, in modo da mantenere un unico computer connesso all'esterno, ma permettere a tutti di accedere. In questa situazione, solitamente il proxy viene usato anche come firewall.
- **caching:** un proxy può immagazzinare per un certo tempo i risultati delle richieste di un utente, e se un altro utente effettua le stesse richieste può rispondere senza dover consultare il server originale. Collocando il proxy in una posizione "vicina" agli utenti, questo permette un miglioramento delle prestazioni ed una riduzione del consumo di ampiezza di banda.
- **monitoraggio:** un proxy può permettere di tenere traccia di tutte le operazioni effettuate (ad esempio, tutte le pagine web visitate), consentendo statistiche ed osservazioni dell'utilizzo della rete che possono anche violare la privacy degli utenti.
- **controllo:** un proxy può applicare regole definite dall'amministratore di sistema per determinare quali richieste inoltrare e quali rifiutare, oppure limitare l'ampiezza di banda utilizzata dai client, oppure filtrare le pagine Web in transito, ad esempio bloccando quelle il cui contenuto è ritenuto offensivo in base a determinate regole.
- **privacy:** un proxy può garantire un maggiore livello di privacy mascherando il vero indirizzo IP del client in modo che il server non venga a conoscenza di chi ha effettuato la richiesta.

Ritornando ora a descrivere il server web APACHE, va evidenziato che esso presenta un'architettura modulare, quindi ad ogni richiesta del client vengono svolte funzioni specifiche da ogni modulo di cui è composto, come unità indipendenti. Ciascun modulo si occupa di una funzionalità, ed il controllo è gestito dal core.



I moduli rappresentano rispettivamente::

- Core: programma principale composto da un ciclo sequenziale di chiamate ai moduli.
- Translation: traduce la richiesta del client.
- Access Control: controlla eventuali richieste dannose.
- MIME Type: verifica il tipo di contenuto.
- Response: invia la risposta al client e attiva eventuali procedure.
- Logging: tiene traccia di tutto ciò che è stato fatto.

Il core suddivide la richiesta ai vari moduli in modo sequenziale, usando i parametri di uscita di un modulo come parametri di accesso per l'altro, creando così l'illusione di una comunicazione orizzontale fra i moduli. Sopra il ciclo del core c'è un ulteriore ciclo di polling, ovvero un ciclo di verifica di tutte le unità di input/output da parte del sistema operativo tramite test dei bit di busy associati ad ogni periferica. Questa attività impegna molto del tempo di funzionamento del processore (CPU), rallentando di conseguenza l'intero sistema, in quanto deve interrogare continuamente le linee logiche da cui possono pervenire messaggi di richiesta.

C2. Internet Information Services (IIS)

Microsoft Internet Information Services (erroneamente chiamato anche Microsoft Internet Information Server o Microsoft Internet Information Service), spesso abbreviato in IIS, è un'applicazione server web (la seconda più usata al mondo) contenente un complesso di servizi server Internet per sistemi operativi Microsoft Windows. Include i servizi server per i protocolli FTP, SMTP, NNTP e HTTP/HTTPS. Anche IIS è costruito sulla base di un'architettura modulare: i moduli, spesso chiamati anche estensioni, possono essere aggiunti o rimossi individualmente, comportando che, per ogni richiesta di servizio relativa a particolari funzionalità, debba essere installato il relativo modulo. Alcune delle principali tipologie di moduli sono:

- modulo HTTP: usato per eseguire compiti specifici HTTP nella sezione di elaborazione delle richieste, come ad esempio rispondere alle informazioni e richieste di informazioni inviate nelle query del client; oltre a questo controlla gli errori HTTP, e le richieste di re-indirizzamento dei pacchetti.
- modulo di protezione: consente di eseguire compiti legati alla sicurezza nella fase di elaborazione delle richieste, come la specificazione degli schemi di autenticazione, l'esecuzione dell'autorizzazione URL e il filtraggio delle richieste non appartenenti al sistema.

- *modulo di contenuto*: consente di eseguire operazioni relative ai contenuti nella fase di elaborazione delle richieste, come ad esempio l'elaborazione di richieste per i file statici, restituendo una pagina di default quando un client non specifica una risorsa in una richiesta.
- *modulo di compressione*: usato per eseguire compiti legati alla compressione nella fase di elaborazione delle richieste, come ad esempio compressione delle richieste stesse e l'esecuzione di pre-compressione di contenuto statico di dati.
- *modulo di cache*: usato per eseguire compiti legati al caching nella fase di elaborazione delle richieste, come la memorizzazione dei dati trattati in una memoria sul server e l'utilizzo di contenuto memorizzato nella cache in successive richieste per la stessa risorsa, in modo da velocizzarne la ricerca.
- *moduli di diagnostica e logging*: usato per eseguire compiti legati alla diagnostica nella fase di elaborazione delle richieste, come ad esempio il passaggio di informazioni e lo stato di elaborazione delle stesse; realizza dei rapporti (logging, reporting) contenenti i vari eventi verificatosi e l'annotazione delle richieste in esecuzione nei processi di lavoro. Questo è molto importante, in quanto ogni azione da parte dei Client viene registrata: in questo modo è possibile monitorare l'eventuale introduzione di terzi nel sistema, o l'azione errata di qualche operatore.

C3. Database relazionale e software

Il modello relazionale si basa sulle relazioni fra i dati, i quali vengono presentati in forma tabulare, cioè come un insieme di tabelle ciascuna composta da righe e colonne. Possiamo affermare che:

- ogni tabella contiene i dati relativi ad una entità;
- le colonne della tabella rappresentano i campi, ovvero le proprietà o attributi dell'entità;
- le righe della tabella esprimono le ricorrenze dell'entità.

Insieme al modello relazionale è stato introdotto il linguaggio SQL^[G] (Structured Query Language), che consente di operare sui dati tramite frasi che contengono parole chiave prese dal linguaggio corrente (inglese). Del linguaggio SQL sono stati pubblicati tre standard, l'ultimo dei quali risale al 1999. Visto l'ampio successo dei database relazionali, sono molti gli RDBMS presenti sul mercato: tra i principali, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, e MySQL, sviluppato dalla compagnia svedese MySQL AB, tutti facenti parte della categoria open source^[G]; ogni software ha le sue caratteristiche, e la grande diffusione dei DB relazionali portò l'inventore del modello a definire, nel 1985, una serie di regole alle quali un DBMS dovrebbe attenersi per potersi considerare Relazionale. Interpretando rigidamente queste regole, sono pochi i sistemi che potrebbero propriamente esser definiti relazionali. Anche a MySQL, soprattutto nelle versioni non recentissime, mancano alcune funzionalità come le viste e l'integrità referenziale, a causa delle quali si può sostenere che non sia del tutto corretto considerare MySQL come un RDBMS; qualcuno infatti preferisce definirlo "un DBMS con supporto SQL".

APPENDICE D

In questa sezione viene presentato il sistema di telecontrollo impiegato dall'azienda BIM–Gestione Servizi Pubblici S.p.a. dove ho svolto il tirocinio.

Questa azienda si occupa attualmente della gestione di 26 piccoli impianti idroelettrici di produzione, dislocati nella provincia di Belluno; la potenza attiva nominale totale installata risulta di circa 5470 kW, con impianti di taglia variabile, da pochi kW fino a 1,2 MW. La sede dell'azienda, e quindi anche del sistema di supervisione e controllo, si trova a Belluno; gli impianti sono distribuiti nella valle Agordina, in Cadore e nella Val Belluna, con una distanza massima tra impianto idroelettrico e sede centrale di circa 60 km. Il telecontrollo impiegato è di tipo radio VHF, con il supporto GSM per alcune applicazioni remote; gli impianti che ho seguito in maniera più approfondita durante il tirocinio sono otto, localizzati nella valle Agordina, e sono descritti nell'Appendice A, tutti con tecnologia VHF. La trasmissione avviene nel range di frequenze 150÷170 MHz, con una larghezza di banda del canale di 3÷4 kHz, con una distanza tra canali trasmissivi di 12,5 kHz, ad una velocità di trasmissione di 1200 Baud^[G], impiegando sei ponti radio, con supporto del servizio Store and Forward.

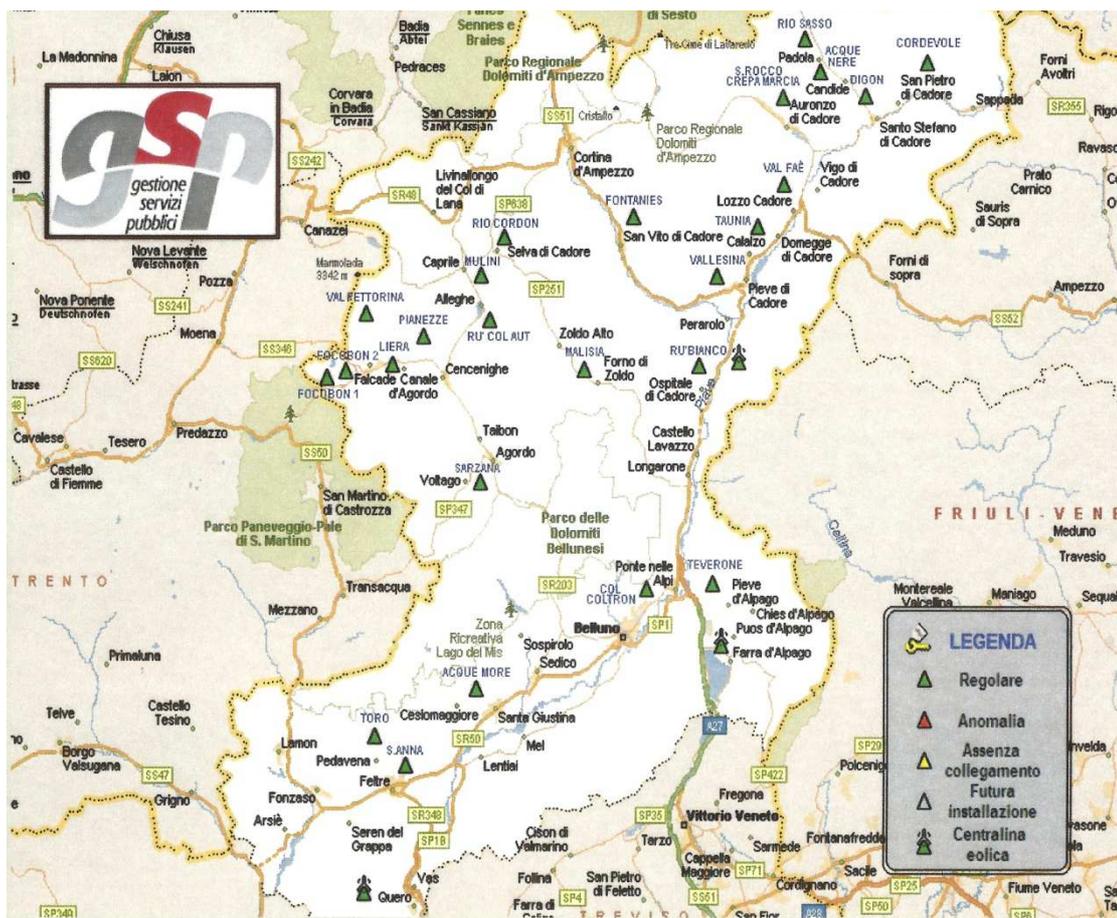


Figura 1 – Distribuzione degli impianti nel territorio Bellunese.

D.1. Componenti hardware del telecontrollo remoto

Negli impianti che ho analizzato, ogni automazione di centrale è gestita da un PLC Siemens, modello SIMATIC S7-200 o S7-300, che si occupa principalmente della regolazione di apertura delle spine, per ottimizzare la produzione di energia in funzione del livello della vasca di carico a monte (se acqua fluente) o dei serbatoi di monte e valle (se su acquedotto); altro compito importante riguarda il comando dell'interruttore generale del gruppo macchina, in apertura in seguito all'intervento dei dispositivi di protezione, sia essi di natura elettrica, meccanica o termica, o in chiusura nel rispetto delle condizioni di sincronismo con la rete; il rifasamento viene gestito da una centralina di rifasamento modulare e indipendente; ogni impianto è munito di una centralina di telecontrollo VHF, modello IS35 (lo stesso modello viene impiegato anche per i ponti radio), che può essere sia interfacciata con PLC, sia munita di ingressi digitali e analogici prelevati direttamente dalla morsettiera del quadro di comando; all'esterno dell'edificio è installata un'antenna VHF, per permettere la trasmissione dei dati e ricezione dei comandi; di seguito vengono presentati questi componenti, e le principali caratteristiche tecniche del modello IS35:



Figura 2 – PLC SIMATIC S7-300

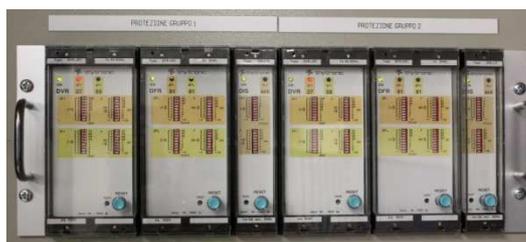


Figura 3- Protezioni 27, 59, 81, 64S



Figura 4 – Modulo telecontrollo IS35



Figura 5 – Antenna VHF

Dati Tecnici:

SEZIONE LOGICA DI ELABORAZIONE:

Microprocessore:	32 bit, 400 MHz
Memoria Ram dinamica:	128 MB
Memoria Ram statica:	128 KB
Memoria EEPROM:	256 KB
Memoria Flash Eprom:	128 MB (espandibile a 1 GB)
Memoria Esterna:	Compact Flash fino a 1 GB
Real Time Clock con batteria di Backup	
Circuiteria Watch Dog con interdizione delle uscite di relè	
Display Diagnostico	

INGRESSI ANALOGICI:

Numero:	6 (espandibili a 96), non isolati
Range:	Corrente (0/20-4/20-0/24-4/24-0/28 mA) Tensione (0/1 - 0/5 0/10 volt)
Risoluzione:	16 bit
Precisione:	0.05%
Alimentazione del loop:	su morsetto, 13.8 volt c.c.

INGRESSI DIGITALI:

Numero:	16 (espandibili a 360)
Tipo:	NPN, con alimentazione del contatto.
Isolamento:	Ottico, 1.5 kV

USCITE RELE':

Numero:	6 (espandibili a 160) + Watch Dog
Tipo:	Relè 5A 250 V (carico non induttivo)
Contatti:	NO e NA con morsetto sconnettibile

USCITE ANALOGICHE:

Numero:	0 (espandibili a 32)
Tipo:	0-20 mA / 4-20 mA / 0-10 Volt
Risoluzione:	16 bit

INTERFACCE:

Porte seriali:	5 (4 x RS 232 - 1 x RS 485)
Interfaccia radio:	incorporata (BELL 202 A)
Porta per Tastiera	a matrice 24 tasti
Porta per display	LCD 4 righe 40 colonne

ALIMENTAZIONE:

Tensione:	220 volt 50 Hz (opzionale 24 volt cc/ca)
Consumo:	< 35 Watt
Batteria tampone:	12 volt 7 Ah
Autonomia i.a.d.a:	10 ore con radio, 15 ore con GSM

PROTEZIONE ELETTRICA:

Trasformatore di separazione, Fusibili, Scaricatore di Sovratensione

DIMENSIONI E GRADO DI PROTEZIONE:

Versione G:	mm. 420x620x200, IP 65
-------------	------------------------

RANGE AMBIENTALE:

Temperatura:	-25 / + 70 °C
Umidità:	0 / 99% n.c.

Figura 6 – Dati tecnici del modulo IS35 di telecomando

D.2. Componenti hardware del telecontrollo centrale

Il cuore hardware del telecontrollo centrale dei 26 impianti idroelettrici risiede nello stabilimento d'azienda; facendo riferimento alla struttura presentata nel paragrafo 3.2.1., i principali dispositivi interessati sono:

- server: sono installati due server distinti, uno con priorità master, attivo in normali condizioni di funzionamento, l'altro con priorità slave, che entra in funzione solo nel caso in cui il server master dovesse andare fuori servizio; questa commutazione avviene tramite relè di Watch Dog, che verifica non ci siano errori funzionali nel processo di acquisizione; il compito principale del server è l'acquisizione dati in arrivo dal modem centrale: i dati raccolti vengono memorizzati sia nel server stesso, sia in un database dedicato relazionale, dal quale possono attingere le postazioni Client; il server inoltre gestisce le richieste delle postazioni di supervisione e controllo, sia a riguardo della visualizzazione dei trend degli impianti, sia l'invio dei comandi; è possibile accedere al server anche per settare i parametri di funzionamento del telecontrollo, descritti nel paragrafo successivo;
- modem: sono presenti due modem, con priorità master e slave, associati rispettivamente al server master e al server slave; entrano in funzione in base al server che risulta attivo; questi dispositivi permettono la modulazione e la demodulazione dei segnali contenenti l'informazione; consentono di convertire un'informazione in un segnale audio trasferibile poi in banda VHF, e viceversa al momento della ricezione; sono interfacciati tramite collegamento seriale ai moduli radio VHF;
- collegamento seriale: generalmente realizzato con l'impiego di porte RS485, consente di collegare i modem ai moduli radio, posti in un armadio dedicato, vicino al palo antenne, senza avere perdite significative nell'ampiezza del segnale;
- moduli radio: i modelli impiegati sono del tipo IS-MR, sono collocati in un armadio dedicato vicino al palo antenna; consentono di portare il segnale alla frequenza VHF di trasmissione, compresa tra 150÷170 MHz, con una larghezza di banda del canale di 3÷4 kHz e una distanza tra canali di 12,5kHz, ad una velocità di trasmissione di 1200 Baud^[6];
- antenne: collocate sul tetto dell'azienda, sono indirizzate verso i ponti radio di supporto alla trasmissione; sono le tipiche antenne impiegate per la trasmissione VHF;

Il sistema di telecontrollo, inoltre, è munito di un gruppo elettrogeno dedicato, che alimenta sia i componenti sopra descritti, sia alcune postazioni computer Client; oltre a questi, sono alimentati anche i servizi ausiliari di condizionamento d'aria della camera contenente i server. Di seguito vengono presentate alcune immagini relative ai componenti appena descritti.



Figura 7 – Server e modem



Figura 8 – Moduli radio



Figura 9 – Palo antenne



Figura 10 – Gruppo elettrogeno

Il server è connesso ad un router, che gestisce le connessioni della rete interna LAN dell'azienda; ogni postazione di supervisione e controllo possiede un proprio computer, connesso anch'esso al router^[G] tramite connessione LAN; con questo collegamento è possibile accedere alle informazioni del server.

D.3. Caratteristiche software del telecontrollo

E' nel server centrale che vengono installati tutti i software necessari per il trattamento dei dati; per quanto riguarda l'archivio nel database, il software impiegato è MySQL, che permette la gestione di basi di dati relazionali; MySQL è composto da un client con interfaccia a caratteri e un server, compatibile con il sistema operativo Windows installato nel server; supporta la maggior parte della sintassi SQL^[G] e possiede delle interfacce per diversi linguaggi, compreso JAVA. A questo archivio possono accedere tutte le postazioni Client LAN, nelle quali è installato un software (accessibile dal personale autorizzato tramite username e password) che permette di visionare il valore delle principali grandezze di interesse di un impianto, in continuo aggiornamento; queste grandezze si possono rappresentare in grafico, con la possibilità di variarne la scala delle ascisse (intervallo di tempo considerato) e delle ordinate (entità della grandezza); per ogni variabile si può ottenere anche un diagramma a torta, con i singoli dati di ogni aggiornamento:

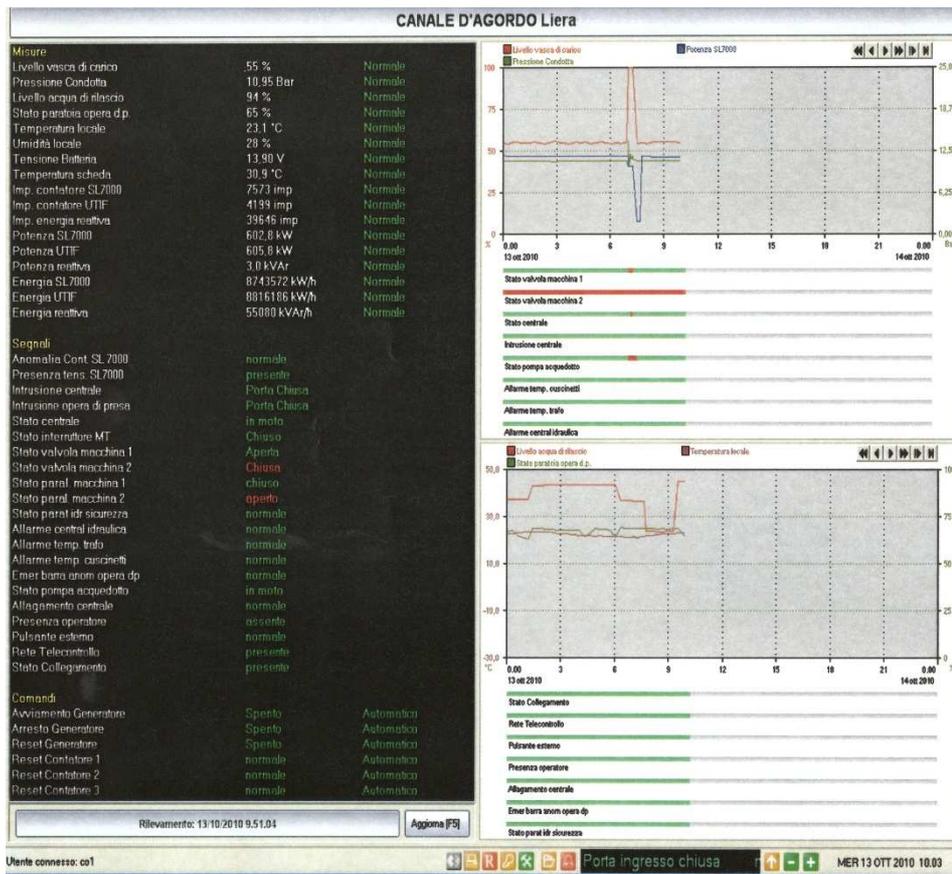


Figura 11 – Tipica visuale di telecontrollo di un impianto.

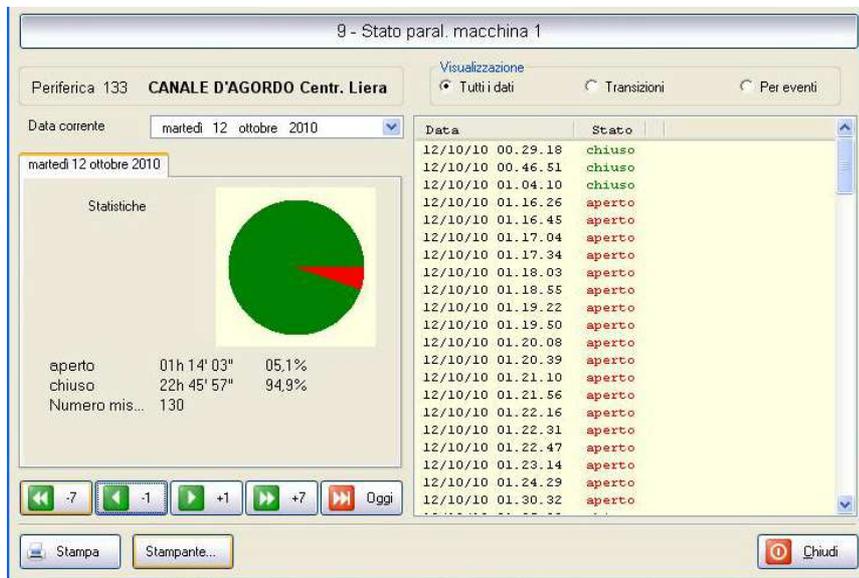


Figura 12 – Diagramma dettagliato temporale dello stato di una variabile.

Oltre a questo, in alcuni impianti è presente anche il sinottico, con le variabili di interesse, i relativi grafici e i pulsanti che permettono l’inizializzazione delle procedure di avvio, arresto e reset dell’impianto, oppure il comando di settaggio ad impulso dei livelli di riferimento di un serbatoio, della pressione o dello stato di apertura delle spine:

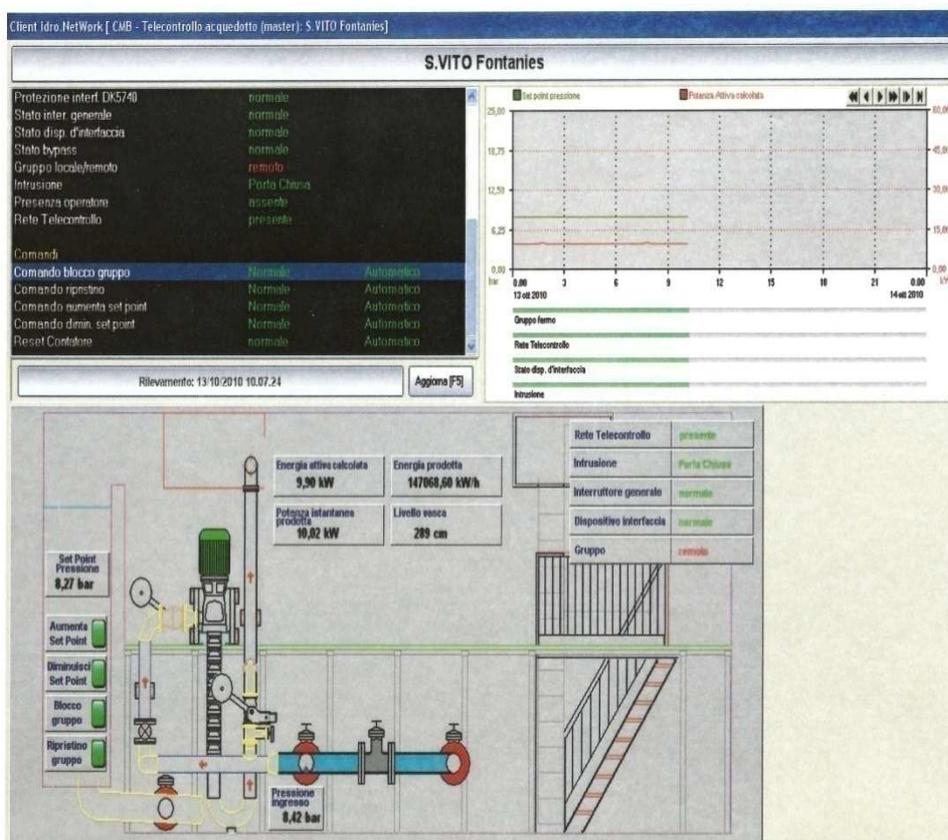


Figura 13 – Sinottico con pulsanti di un impianto idroelettrico.

Va ricordato che i comandi vanno ad azionare dei relè posti nella centralina di telecontrollo, i quali al momento della ricezione dell'impulso variano lo stato dei loro contatti da aperto a chiuso o viceversa (NC/NA).

In certe postazioni Client con diritti di amministratore, è possibile accedere al software di gestione dati del telecontrollo; questo software permette di associare ad ogni variabile di ogni impianto determinate caratteristiche, rappresentate in figura 14; per i dati in ingresso, consente di associare al numero la variabile di riferimento, l'unità di misura, la scala da adottare, il range di variazione, la definizione del tipo di segnale in ingresso alla centralina di telecontrollo remoto, il numero della sorgente fisica sulla morsettiera, i valori di riferimento superiori e inferiori oltre i quali scatta la segnalazione di un allarme, il tipo di allarme, il testo dell'allarme, eventuali presegnalazioni; per i dati in uscita, come i comandi, è possibile selezionare il relè sul quale andrà ad agire l'impulso inviato. Certe segnalazioni di allarme ritenute particolarmente importanti si possono gestire anche mediante l'invio di un SMS o di un file audio, con dei modelli pre-registrati nel server, che comunicano al personale della manutenzione in real time l'evento occorso, tramite cellulare; questo è stato possibile introducendo un'interfaccia tra i server e un modem GSM, a scheda SIM. Gli operatori addetti alla manutenzione possono in un qualsiasi momento valutare il valore o lo stato di alcune variabili, interpellando il server tramite SMS, contenente l'apposito codice della variabile dello specifico impianto. Attualmente sono in corso di sviluppo alcune applicazioni web che permettano, oltre alla visualizzazione dei dati tramite un qualsiasi accesso ad internet, l'invio da remoto dei comandi sopra descritti; finora non è stato possibile, in quanto l'introduzione dei comandi può

comportare problemi di sicurezza al sistema, con la possibilità di accesso ad esso da parte di terzi non autorizzati. Ogni operazione svolta da qualsiasi postazione Client è comunque riportata in un apposito registro, comprensiva dei dati di autenticazione dell'utente.

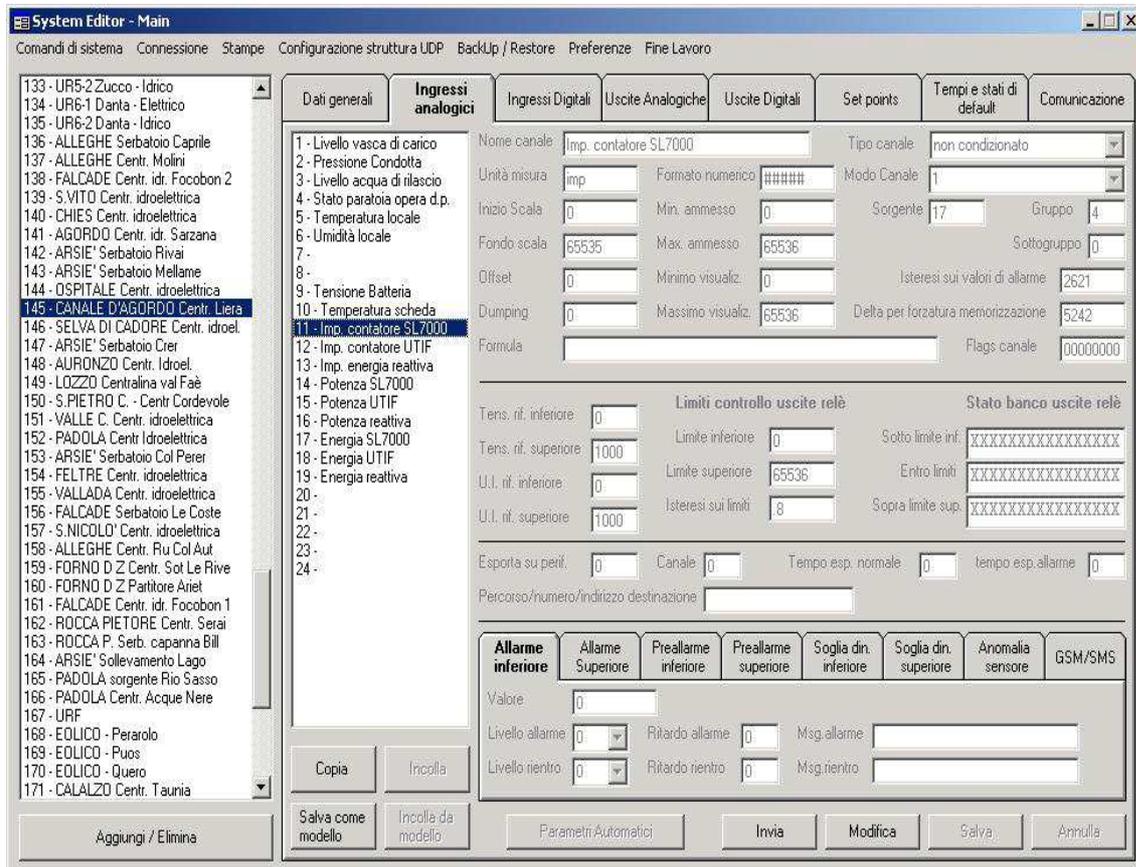


Figura 14 – Schermata tipica di impostazione parametri di gestione di una variabile

GLOSSARIO

API: letteralmente Application Programming Interface, è un' interfaccia implementata con un software che permette di interagire con altri software;

Baud: Unità di misura della velocità di trasmissione (in onore del signor Baudot); 1 Baud = 1 bit al secondo.

Client: indica una componente che accede ai servizi o alle risorse di un'altra componente, detta server.

DMZ: sta per demilitarized zone, ed è un segmento isolato di LAN (una "sottorete") raggiungibile sia da reti interne che esterne che permette, però, connessioni esclusivamente verso l'esterno: gli host attestati sulla DMZ non possono connettersi alla rete aziendale interna. Tale configurazione viene normalmente utilizzata per permettere ai server posizionati sulla DMZ di fornire servizi all'esterno senza compromettere la sicurezza della rete aziendale interna nel caso una di tali macchine sia sottoposta ad un attacco informatico: per chi si connette dall'esterno dell'organizzazione la DMZ è infatti una sorta di "strada senza uscita" o "vicolo cieco".

Ethernet: è il nome di una famiglia di tecnologie per reti locali, sviluppato a livello sperimentale da Robert Metcalfe e David Boggs; Ethernet attualmente è il sistema LAN più diffuso per diverse ragioni: è nata molto presto e si è diffusa velocemente; rispetto ai sistemi concorrenti, è più economica e facile da usare e la diffusione delle componenti hardware ne ha facilitato l'adozione; funziona bene e genera pochi problemi; è adeguata all'utilizzo con TCP/IP.

Firewall: è un componente passivo di difesa perimetrale che può anche svolgere funzioni di collegamento tra due o più tronconi di rete. Usualmente la rete viene divisa in due sottoreti: una, detta esterna, comprende l'intera Internet mentre l'altra interna, detta LAN (Local Area Network), comprende una sezione più o meno grande di un insieme di computer locali. Una prima definizione chiusa di firewall è la seguente: apparato di rete hardware o software che filtra tutti i pacchetti entranti ed uscenti, da e verso una rete o un computer, applicando regole che contribuiscono alla sicurezza della stessa.

Full duplex: è una modalità di invio e ricezione di informazioni digitali o analogiche, con funzione completamente bidirezionale; in una connessione full-duplex, il mezzo trasmissivo permette di definire due percorsi separati per i due sensi del flusso dati, ovvero non vi è contesa per il suo utilizzo; due utenti possono così trasmettere e ricevere contemporaneamente.

Gateway: Il gateway (dall'inglese, *portone, passaggio*) è un dispositivo di rete che opera al livello di rete e superiori del modello ISO/OSI. Il suo scopo principale è quello di veicolare i pacchetti di rete all'esterno di una rete locale (LAN). Gateway^[G] è un termine generico che indica il servizio di inoltro dei pacchetti verso l'esterno; il dispositivo hardware che porterà a termine questo compito è tipicamente un router.

Half duplex: comunicazione unica bidirezionale: un unico canale condiviso, a turno, da più operatori; non ci sono comunicazioni bidirezionali simultanee.

Host: Si definisce host o end system (terminale) ogni terminale collegato ad una rete o più in particolare ad Internet. Gli host possono essere di diverso tipo, ad esempio computer, palmari, dispositivi mobili e così via, fino a includere web TV, dispositivi domestici e thin client; l'host è definito in questo modo perché ospita programmi di livello applicativo che sono sia client (ad esempio browser web, reader di posta elettronica), sia server. Ogni host di Internet ha un Indirizzo IP univocamente assegnato.

HTML: l'HyperText Markup Language (traduzione letterale: linguaggio di descrizione per ipertesti) è un linguaggio usato per controllare la struttura dei documenti ipertestuali disponibili nel World Wide Web . Tutti i siti web sono scritti o passano attraverso il formato HTML, codice che viene letto (interpretato) dal web browser, il quale, a seguito dell'elaborazione, genera la visualizzazione della pagina desiderata sullo schermo del computer dopo la preventiva richiesta al web server da parte dell'utente.

HTTP: l'Hypertext Transfer Protocol (HTTP) (protocollo di trasferimento di un ipertesto^[G]) è usato come principale sistema per la trasmissione di informazioni sul web. Le specifiche del protocollo sono gestite dal World Wide Web Consortium (W3C). Un Server HTTP generalmente resta in ascolto sulla porta 80 usando il protocollo TCP. L'HTTP, insieme con il linguaggio HTML e gli URL, costituisce il nucleo base della World Wide Web.

Indirizzo IP: Un Indirizzo IP (dall'inglese Internet Protocol address) è un numero che identifica univocamente un dispositivo collegato a una rete informatica.

Ipertesto: è un insieme di documenti messi in relazione tra loro tramite parole chiave.

Java: Java è un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti. La piattaforma di programmazione Java è fondata sul linguaggio stesso, sulla Macchina virtuale Java (*Java Virtual Machine* o *JVM*) e sulle API Java.

Java Virtual Machine: La macchina virtuale Java è la macchina virtuale che esegue i programmi scritti in bytecode. Il bytecode è generalmente prodotto dalla compilazione di sorgenti scritti in linguaggio Java, anche se è possibile produrre bytecode partendo da altri linguaggi

LAN: una Local Area Network (rete in area locale o più semplicemente rete locale in italiano) è una tipologia di rete informatica contraddistinta da un'estensione territoriale non superiore a qualche chilometro. L'implementazione classica di LAN è quella che serve un'abitazione o un'azienda all'interno di un edificio, o al massimo più edifici adiacenti fra loro. L'estensione territoriale limitata di una LAN favorisce la velocità della trasmissione dati, che inizialmente era tra i 10 Mbps e i 100 Mbps mentre le LAN più recenti operano poi fino a 10 Gbps. La LAN inoltre, sempre in conseguenza dell'estensione territoriale limitata, presenta bassi ritardi e pochissimi errori.

Modbus: è un protocollo di comunicazione seriale creato da Modicon nel 1979 per mettere in comunicazione i propri PLC. È diventato uno standard nella comunicazione di tipo industriale, ed è ora il protocollo di connessione più diffuso fra i dispositivi elettronici industriali; consente la comunicazione fra diversi dispositivi connessi alla stessa rete; è spesso usato per connettere

un computer supervisore con un'unità terminale remota (RTU) nel controllo di supervisione e sistemi di acquisizione dati. Esistono due versioni del protocollo: una su porta seriale (RS232 o RS485 e Ethernet).

Modulazione: si intende la tecnica di trasmissione di un segnale elettrico o elettromagnetico detto *Modulante* (rappresentante un'informazione), per mezzo di un altro segnale elettrico o elettromagnetico detto portante, che ha lo scopo di trasmettere le informazioni in 'alta frequenza' (freq.portante >> freq Modulante) ovvero di convertire il segnale da ' *banda base* ' a quella che è chiamata ' *banda traslata* ' secondo il Teorema della Modulazione, che altro non è che una proprietà della Trasformata di Fourier.

OPC: originariamente OLE for process control (dove OLE sta per Object Linking and Embedding, ovvero collegamento e incorporamento oggetti), è uno standard industriale creato con la collaborazione di un numero di aziende produttrici di hardware e software, in collaborazione con Microsoft. Lo standard definisce i metodi per lo scambio di dati real time tra componenti d'automazione e computer Client basati sul sistema operativo windows.

Open source: indica un software i cui autori (più precisamente i detentori dei diritti) ne permettono, anzi ne favoriscono il libero studio e l'apporto di modifiche da parte di altri programmatori indipendenti. Questo è realizzato mediante l'applicazione di apposite licenze d'uso.

PHP: Hypertext Preprocessor, preprocessore di ipertesti, è un linguaggio di scripting interpretato, con licenza libera originariamente concepito per la programmazione Web, in particolar modo per la realizzazione di pagine web dinamiche. L'elaborazione di codice PHP sul server produce codice HTML da inviare al browser dell'utente che ne fa richiesta.

Profibus: è l'acronimo di Process Field Bus. Si tratta di un bus di campo (*field bus*) messo a punto nel 1989 da un consorzio di diverse aziende tra le quali Siemens. Le sue applicazioni sono nel campo dell'automazione industriale e di processo. Permette la riduzione del cablaggio richiesto tra i nodi costituenti la rete in quanto necessita del posizionamento di un unico cavo. Generalmente viene utilizzato per connettere un master come un PLC ad I/O remoti. La topologie di rete implementabile può essere solo seriale.

Protocollo BELL 202: Lo standard Bell 202 è stato definito per comunicazioni half duplex, asincrone, binarie, con trasmissione seriale alla velocità di 1200 Baud. Utilizza la modulazione AFSK con mark a 1200 Hz e space a 2200 Hz; lo shift, come è facile calcolare, è di 1000 Hz. Utilizza lo standard di interfaccia seriale RS-232. Gli stati logici 0 (mark) e 1 (space) per poter entrare nell'ingresso microfonico di un ricetrasmittitore vengono convertiti in segnali audio; in HF lo 0 o mark diventa un segnale sinusoidale, una nota, cioè, di 1070 Hz di frequenza, mentre l'1 o space diventa una nota di 1270 Hz. Così in VHF e UHF il mark, o stato logico 0, viene trasformato dal modem in una nota di 1200 Hz e lo space, o stato logico 1, viene trasformato in una nota di 2200 Hz.

Query: viene utilizzato per indicare l'interrogazione di un database nel compiere determinate operazioni (inserimento dati, cancellazione dati, ecc..) da eseguire in uno o più database.

Solitamente una query viene interpretata, dal linguaggio SQL (Structured Query Language) per renderla più comprensibile al Database Management System (abbreviato in DBMS).

Router: nella tecnologia delle reti informatiche un router, voce inglese, in italiano è letteralmente l'instradatore, è un dispositivo di rete che si occupa di instradare pacchetti informativi lavorando al livello 3 (rete) del modello OSI (vedi paragrafo 2.6.1.). Alcuni router possiedono anche un firewall incorporato, poiché il punto di ingresso/uscita di una rete verso l'esterno è ovviamente il luogo migliore dove effettuare controlli sui pacchetti in transito.

RS485: è una specifica Modello OSI a livello fisico di una connessione seriale a due fili; lo standard specifica un sistema di gestione del segnale in forma differenziale: la differenza tra la tensione presente sui due fili costituisce il dato in transito.

Scripting: è un linguaggio di programmazione interpretato, destinato in genere a compiti di automazione del sistema (batch) o delle applicazioni (macro), o ad essere usato all'interno delle pagine web. I programmi sviluppati con questi linguaggi vengono detti script, termine della lingua inglese utilizzato in ambito teatrale per indicare il testo dove vengono tracciate le parti che devono essere interpretate degli attori.

Server: componente informatico(generalmente un computer) che fornisce servizi ad altre componenti (tipicamente chiamate *client*) attraverso una rete di computer. può essere riferito sia alla componente hardware che alla componente software che forniscono le funzionalità o servizi di cui sopra.

SQL: letteralmente Structured Query Language, è un linguaggio di interrogazione per database progettato per leggere, modificare e gestire dati memorizzati in un sistema basato sul modello relazionale, per creare e modificare schemi di database, per creare e gestire strumenti di controllo ed accesso ai dati. SQL è un linguaggio per interrogare e gestire basi di dati mediante l'utilizzo di costrutti di programmazione denominati query.

TCP: Transmission Control Protocol è un protocollo di livello di trasporto della suite di protocolli Internet; su di esso si appoggiano gran parte delle applicazioni Internet. Il TCP può essere classificato al livello trasporto (OSI level 4) del modello di riferimento OSI, e di solito è usato in combinazione con il protocollo di livello rete IP(OSI level 3). La corrispondenza con il modello OSI non è perfetta, in quanto il TCP e l'IP nascono prima. La loro combinazione è indicata come TCP/IP e, alle volte, è erroneamente considerata un unico protocollo. Il TCP è stato progettato per utilizzare i servizi del protocollo IP, che non offre alcuna garanzia in ordine alla consegna dei pacchetti, al ritardo, alla congestione, e costruire un canale di comunicazione affidabile tra due processi applicativi. Il canale di comunicazione è costituito da un flusso bidirezionale di byte. Inoltre, alcune funzionalità di TCP sono vitali per il buon funzionamento complessivo di una rete IP.

TDMA: Time Division Multiple Access, letteralmente “accesso multiplo a ripartizione nel tempo”, è una tecnica di moltiplicazione numerica in cui la condivisione del canale è realizzata mediante ripartizione del tempo di accesso allo stesso da parte degli utenti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] I. Stoian, T. Sanislav, D. Capatina, L. Miclea, H. Valean, S.Enyedi, “ *Multi-agent and intelligent agents’ techniques implemented in a control and supervisory telematic system*”, IEEE
- [2] Binli Wang, Zheng Zhang, “*Water conditions monitoring system based on GPRS*”, IEEE
- [3] John M. Wacker, Khalil N. Zadeh, Robert C. Meyer, “*Hydro automation takes coordinated control*”, IEEE
- [4] Shuang Hua Yang, Chengwei Dai, Roger P. Knott, “*Remote maintenance of control system performance over the Internet*”, Science Direct

siti web utili:

- <http://www.isetautomazioni.it/>
- <http://www.telecontrolloconvegno.it/>
- <http://www.siemens.com/entry/it/it/>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale/
- <http://www.ing.unisi.it/biblio/>